

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

P A T E N T

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:)
Dirk HERKE)
Application No.:)
Filed: Herewith)
For: **CONTROL DEVICE FOR DC MOTORS**)

MAIL STOP PATENT APPLICATION
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

CERTIFICATE OF MAILING

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service with sufficient postage as Express Mail (No. EV129898066 US) addressed to MAIL STOP PATENT APPLICATION, Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 on December 22, 2003.

By: Carol Prentice
Carol Prentice

SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIORITY DOCUMENT(S)
PURSUANT TO 35 U.S.C. 119

Dear Sir:

Enclosed herewith is the certified copy of Applicant's counterpart German application:

German patent application no. 101 32 909.1
filed June 26, 2001

upon which Applicant's claim for priority is based.

Please find attached a copy of merger documentation which has been sent to the United States Patent and Trademark Office for recordal. The merger documentation is being filed since the priority document indicates the Assignee's prior name, AFL Germany Electronics GmbH.

Applicant respectfully requests the Examiner to acknowledge receipt of this document.

Respectfully submitted,

Barry R. Lipsitz

Barry R. Lipsitz
Attorney for Applicant(s)
Registration No. 28,637
755 Main Street, Building 8
Monroe, CT 06468
(203) 459-0200

Date: December 22, 2003
ATTORNEY DOCKET NO.: HOE-792

VERIFIED CERTIFICATE OF TRANSLATION

The undersigned, whose residence and office addresses are set forth below, states that she is familiar with the English and German languages, and that the attached English-language translation of the German-language document identified as follows:

Extract from the Commercial Register HRB 33537
issued by Frankfurt am Main District Court on February 20, 2003
for Alcoa Fujikura Gesellschaft mit beschränkter Haftung

is to the best of her knowledge and belief, accurate and fairly reflects the contents and meaning of the said German-language document.

I declare, as provided by Title 28, United States Code Section 1746 (USPTO Notice of April 30, 1987), under penalty of perjury under the laws of the United States of America, that the foregoing is true and correct.

Executed on March 5, 2003

Signature: Melody R. Moore

Typed name: Melody R. Moore B.A.

Residence: Ginsterweg 37
70186 Stuttgart
Federal Republic of Germany

Office Address: Uhlandstrasse 14c
70182 Stuttgart
Federal Republic of Germany

No. of entry	a) Company name b) Place of business c) Object of company	Original capital or capital stock DM	Board Personally liable shareholders Management Liquidators	Authorization to sign	Legal relations	a) Day of entry and signature b) Remarks
1	2	3	4	5	6	7
1	a) Alcoa Fujikura Gesellschaft mit beschränkter Haftung b) Frankfurt am Main c) Development, manufacture and sale of automotive electrical systems and automotive accessories and all related activities	50,000.00	Robert H. Barton, Merchant, Brentwood, Tennessee, U.S.A.		Limited liability company. The company contract was concluded on January 10, 1991. <u>Robert H. Barton, managing director, has sole power of representation.</u>	a) May 3, 1991 signature b) Company Contract Page 18 et seq. Special Volume
17					By decision of the meeting of shareholders on August 22, 2002 and by decision of the meeting of shareholders of AFL Germany Electronics GmbH in Frickenhausen on the same date, the last-mentioned company merged by merger agreement of August 22, 2002 by transfer of its entire assets to Alcoa Fujikura Gesellschaft mit beschränkter Haftung in accordance with Section 2 No. 1 in conjunction with Sections 46 et seq. Law regulating Transformation of Companies.	a) October 22, 2002 signature (Hartmann) b) AFL Germany Electronics GmbH previously Nürtingen District Court HRB 1719 Page 81 et seq. Special Volume

STAMP: FRANKFURT AM MAIN
DISTRICT COURT

Conformity with the entries in the Commercial Register is hereby certified.
Frankfurt (Main), February 20, 2003
signature: de Stoppany
Registrar of the Registry

Nr. der Eintragung	a) Firma b) Sitz c) Gegenstand des Unternehmens	Grund- oder Stammkapital DM	Vorstand Persönlich haftende Geschäftsführer Abwickler	Prokura	Rechtsverhältnisse	a) Tag der Eintragung und Unterzeichnung b) Bemerkungen
1	2	3	4	5	6	7
14			Frank den Brok, geb. 30.12.1962, Frankfurt am Main	Die Prokura (5.) Lutz Page ist erloschen.	Frank den Brok ist zum Geschäftsführer bestellt. Er vertritt gemeinsam mit einem anderen Geschäftsführer oder gemeinsam mit einem Prokuristen.	30.8.2001 (Hartmann)
15		6.136.000 EUR.			Durch Beschluß der Gesellschafterversammlung vom 14. Dezember 2001 ist das Stammkapital auf 6.135.502,57 EUR umgestellt, sodann durch Aufstockung des Geschäftsanteils um 497,43 EUR auf 6.136.000 EUR erhöht und der Gesellschaftsvertrag in Art. 5 (Stammkapital) geändert. Jeffrey D. Levaring, Billy Lee Stanley und Frederick Brent Schwarz sind nicht mehr Geschäftsführer.	a) 16.1.2002 b) 31.58 ff. Sonderband a) 16.10.2002 (Hartmann)
16			Martin Freiburger, geb. 21.07.1962, Friedenhausen		Bernhard Peter Stark ist nicht mehr Geschäftsführer. Martin Freiburger ist zum Geschäftsführer bestellt. Er vertritt gemeinsam mit einem anderen Geschäftsführer oder gemeinsam mit einem Prokuristen.	a) 16.10.2002 (Hartmann)
17					Durch Beschluß der Gesellschafterversammlung vom 22. August 2002 und durch Beschluß der Gesellschafterver- sammlung der AFL Germany Electronics GmbH in Friedenhausen vom selben Tag ist die letztgenannte Gesellschaft auf Grund des Verschmelzungsvertrages vom 22. August 2002 durch Übertragung ihres Vermögens als Ganzes auf die Alcoa Fujikura Gesellschaft mit beschränkter Haftung gemäß § 2 Nr. 1 i. V. mit §§ 46 ff. UmwG verschmolzen.	a) 22.10.2002 (Hartmann) b) AFL Germany Electronics GmbH bisher Amtsgericht Münster HRB 1719 Bl. 81 ff. Sonderband
18			Martin Gerard Alphonsus McCarthy, geb. 21.07.1962, Castellbelling han/Irland	Die Übereinstimmung mit den Eintragungen im Handelsregister wird beglaubigt. Frankfurt(Main).	Martin Gerard Alphonsus McCarthy ist zum Geschäftsführer bestellt. Er vertritt gemeinsam mit einem anderen Geschäftsführer oder gemeinsam mit einem Prokuristen.	a) 28.10.2002 (Hartmann)

als Urkundsbeamter der Geschäftsstelle

Fortsetzung auf dem

ten Blatt

Nr. der Eintragung	a) Firma b) Sitz c) Gegenstand des Unternehmens	Grund- oder Stammkapital DM	Vorstand Persönlich haftende Geschäftsführer Abwickler	Prokura	Rechtsverhältnisse	a) Tag der Eintragung b) Bemerkungen
1	2	3	4	5	6	
9			Billy Lee Stanley, geb. 28.02.1944, Budapest, Ungarn. Bernhard Peter Stark, geb. 25.02.1951, Gutersloh	Die Prokura (3.) Bernhard Stark ist erloschen.	Billy Lee Stanley und Bernhard Peter Stark sind zu Geschäftsführern bestellt. Sie vertreten ein jeder gemeinsam mit einem anderen Geschäftsführer oder gemeinsam mit einem Prokuristen.	a) 14.1.1999 (Schreimann)
10			Frederick Brent Schwarz, geb. 08.10.1961, Berzebrock-Clarholz	Die Prokura (2.) Frederick Brent Schwarz ist erloschen.	Frederick Brent Schwarz ist zum Geschäftsführer bestellt. Er vertritt gemeinsam mit einem anderen Geschäftsführer oder gemeinsam mit einem Prokuristen. Rudolf Armbruster ist nicht mehr Geschäftsführer.	a) 2.1.1999 (Schreimann)
11				Prokura gemeinsam mit einem Geschäftsführer oder einem anderen Prokuristen. 5.) Lutz Pape, geb. 6.8.1961, Osnabrück.		a) 27.10.1999 (Schreimann)
12					Durch Beschluss der Gesellschafterversammlung vom 5. August 1999 und durch Beschluss der Gesellschafterversammlung der SIM Stribel Verwaltungs-GmbH in Frickehausen vom 5. August 1999 ist die letztgenannte Gesellschaft auf Grund des Verschmelzungsvertrages vom 5. August 1999 durch Übertragung ihres Vermögens als Ganzes auf die Alcoa Fujikura Gesellschaft mit beschränkter Haftung gemäß § 2 Nr. 1 i.V. mit §§ 46 ff. UmwG verschmolzen.	a) 25.11.1999 (Hühning)
13				Prokura gemeinsam mit einem Geschäftsführer oder einem anderen Prokuristen: 6.) Dr. Veronika Rokietowski - Zügel, geb. 21.06.1960, Königstein;		a) 0.5.2001 (Hartmann)

1 Firma a) Name b) Sitz c) Gegenstand des Unternehmens	2	3 Grund- oder Stammkapital DM	4 Vorstand Persönlich haftende Gesellschafter Geschäftsführer Abwickler	5 Prokura	6 Rechtsverhältnisse	7 a) Tag der Ein- und Unter- b) Bemerkungen
5					Durch Beschluß der Gesellschafterversammlung vom 21. August 1995 und durch Beschluß der Gesellschafterversammlung der SIM Stribel Manufacturing GmbH, Frickenhausen, vom 21. August 1995 ist die letztgenannte Gesellschaft auf Grund des Verschmelzungsvertrages vom 21. August 1995 durch Übertragung ihres Vermögens als Ganzes auf die Alcoa Fujikura GmbH mit dieser gemäß §§ 2 Nr. 1, 46 ff. UmwG verschmolzen.	a) 10.10.1995 b) Abate (Abate) B). 82 ff. Sonderband SIM Stribel Manufactu- ring GmbH bisher Amts- gericht Hürtingen HRB 2335
6			Otto Michels, Kaufmann, Gütersloh Horace H. Vacaser, Maschinenbauin- genieur, Stuttgart-Botnang	Prokura gemeinsam mit einem Geschäfts- führer oder einem anderen Proku- risten: 1.) Frederick Orent Schwarz, 2.) Herzebrock-Gierholtz, 3.) Bernhard Stark, Bergien; 4.) Klaus-Peter Spetsmann, Rheda-Wiedenbrück; Die Prokura (1.) Charles Friess ist erloschen.	Otto Michels und Horace H. Vacaser sind zu Geschäftsführern bestellt. Sie vertreten ein jeder gemeinsam mit einem anderen Geschäftsführer oder gemeinsam mit einem Prokuristen. John R. Kiesling ist nicht mehr Geschäftsführer.	a) 27.11.1996 (lange)
7			William V. Collier, Kaufmann, Brentwood, USA James E. Edwards, Kaufmann, Siegburg	Die Prokura (4.) Klaus-Peter Spetsmann ist erloschen.	William V. Collier ist zum Geschäftsführer bestellt. Er hat Alleinvertretungsrecht. James E. Edwards ist zum Geschäftsführer bestellt. Er vertritt gemeinsam mit einem anderen Geschäftsführer oder gemeinsam mit einem Prokuristen. Robert H. Barton und Otto Michels sind nicht mehr Geschäftsführer.	a) 20.1.1998 (Schlemann)
8			Rudolf Armbrüster, Techniker, Vornas		Rudolf Armbrüster ist zum Geschäftsführer bestellt. Er vertritt gemeinsam mit einem anderen Geschäftsführer oder gemeinsam mit einem Prokuristen. Horace H. Vacaser ist nicht mehr Geschäftsführer.	a) 20.1.1998 (Schlemann)

Fortsetzung auf Blatt 2 (en Bl.)

Nr. der Ein- trags- an- trag- ung	1) Firma b) Sitz c) Gegenstand des Unternehmens	Grund- oder Stammkapital DM	Vorstand Persönlich haftende Geschäftsführer Abwickler	Prokura	Rechtsverhältnisse	a) Tag der Ein- und Untersd b) Bemerkungen
1	a) Alcoa Fujikura Gesellschaft mit beschränkter Haftung b) Frankfurt am Main c) die Entwicklung, Herstellung und der Vertrieb von Auto-Elektrik und Autozubehör, sowie alle damit zusammenhängenden Tätigkeiten	50.000,--	Kaufmann Robert H. Barton, Brentwood, USA		Gesellschaft mit beschränkter Haftung. Der Gesellschaftsvertrag ist am 10. Januar 1991 abgeschlossen. Der Geschäftsführer Robert H. Barton hat Alleinvertretungsrecht.	a) 3. Mai 1995 b) Gesellschaft vertrag Bl ff. 5000.
2			John R. Kiesling, Kaufmann, Allison Park, P.A. 15101/USA; Jeffrey D. Levering, Kaufmann, Brentwood, TN 37027/USA.		John R. Kiesling und Jeffrey D. Levering sind zu Geschäftsführern bestellt. Sie haben Alleinvertretungsrecht.	a) 20. Juni 1995
3				Einzelprokura : Charles Fries, Stuttgart.		a) 16. 1. 1995 (Lange)
4		12.000.000 DM			Durch Beschluß der Gesellschafterversammlung vom 14. November 1994 ist das Stammkapital um 11.950.000 DM auf 12.000.000 DM erhöht und der Gesellschaftsvertrag in Artikel 5 (Stammkapital) geändert.	a) 19. 1. 1995 (Lange) b) Bl. 45 ff. Sonder- band



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 101 32 909.1

Anmeldetag: 26. Juni 2001

Anmelder/Inhaber: AFL Germany Electronics GmbH, Frickenhausen/DE
(vormals: Stribel GmbH)

Bezeichnung: Steuergerät für Gleichstrommotoren

IPC: H 02 P, H 01 R

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 9. August 2002
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

A large, stylized handwritten signature in black ink, likely belonging to the President of the German Patent and Trademark Office.

Agurks

A 56 060 x
x-239/-241
23. Februar 2001

Anmelder:
Stribel GmbH
Benzstraße 1
72636 Frickenhausen

B E S C H R E I B U N G

Steuergerät für Gleichstrommotoren

Die Erfindung betrifft ein Steuergerät für Gleichstrommotoren, die mit einem mindestens vier Schleifkontakte aufweisenden Kommutator zur Speisung ihrer Motorwicklungen versehen sind, umfassend eine Modulationsstufe, welche mindestens ein mit einer wesentlich über der Motordrehzahl liegenden Taktfrequenz pulsweitenmoduliertes Ansteuersignal erzeugt, und eine durch das mindestens eine Ansteuersignal gesteuerte Ansteuerschaltung, welche mindestens einen den Kommutator speisenden und mit einem durch das pulsweitenmodulierte Ansteuersignal angesteuerten elektronischen Schalter versehenen Lastzweig aufweist.

Derartige Steuergeräte sind aus dem Stand der Technik nicht bekannt, wobei stets der gesamte Kommutator mit allen Schleifkontakten des Gleichstrommotors durch einen einzigen Lastzweig angesteuert wird.

Ein derartiger Lastzweig ist dabei entsprechend der Leistung des Elektromotors zu dimensionieren, wobei insbesondere das Steuergerät so ausgebildet werden muß, daß es dem auftretenden Freilaufstrom standhält und daß die Pulsweitenmodulation

A 56 060 x
23. Februar 2001
x-239/-241

in möglichst geringem Maße auf ein das Steuergerät speisendes Netzwerk rückwirkt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Steuergerät möglichst kostengünstig auszubilden.

Diese Aufgabe wird bei einem Steuergerät der eingangs beschriebenen Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Schleifkontakte zu mindestens zwei Ansteuergruppen zusammengefaßt sind, daß innerhalb jeder Ansteuergruppe die Schleifkontakte zu parallel gespeisten Schleifkontaktpaarungen zusammengefaßt sind und daß jeder der Ansteuergruppen ein eigener Lastzweig zugeordnet ist.

Der Vorteil der erfindungsgemäßen Lösung ist darin zu sehen, daß durch die Aufteilung der Leistung auf mindestens zwei Ansteuergruppen und die Zuordnung eines eigenen Lastzweigs zu jeder der Ansteuergruppen die elektrische Leistung, die von jedem Lastzweig zu schalten ist, reduziert wird. Dies bringt erhebliche Kostenvorteile dahingehend mit sich, daß damit erheblich günstigere Bauteile verwendet werden können, die zu einer Kostenreduktion führen, trotz der Tatsache, daß statt einem Lastzweig zwei Lastzweige und somit mehr Bauteile vorzusehen sind.

Darüber hinaus besteht ein weiterer erheblicher Vorteil der erfindungsgemäßen Lösung in der größeren Ausfallsicherheit, da selbst bei Ausfall eines Lastzweigs oder einer Motorwicklung der Gleichstrommotor noch läuft, nämlich dadurch, daß der andere Lastzweig noch arbeitet. Damit ist zwar nicht

A 56 060 x
23. Februar 2001
x-239/-241

mehr die volle Leistung des Gleichstrommotors erhältlich, jedoch ist es insbesondere bei Zusatzaggregaten für Kraftfahrzeuge, beispielsweise einem Gleichstrommotor zum Betreiben eines Lüfters, von entscheidender Bedeutung, ob das Zusatzaggregat aufgrund eines Bauteilschadens im Lastzweig oder einer defekten Motorwicklung komplett ausfällt oder wenn der Gleichstrommotor zwar nicht mit voller Leistung, jedoch noch im Teilleistungsbereich arbeitet.

Im Rahmen der vorliegenden Erfindung werden die Motorwicklungen aus Gründen der Vereinfachung als induktive Lasten bezeichnet, obwohl diese genau genommen auch einen Ohm'schen Widerstand und eine Kapazität besitzen.

Besonders vorteilhaft läßt sich die erfindungsgemäße Lösung auch dann einsetzen, wenn mehr als zwei Schleifkontaktpaarungen vorhanden sind und somit auch mehr als zwei Ansteuergruppen, das heißt beispielsweise mindestens drei Ansteuergruppen oder mehr und somit drei Lastzweige oder mehr eingesetzt werden, denn dann führt der Ausfall eines Lastzweigs oder einer Motorwicklung nur zu einer geringen Leistungsreduktion des Gleichstrommotors, die zumindest, beispielsweise in einem Kraftfahrzeug, einen temporären Notbetrieb erlaubt.

Hinsichtlich der Ausbildung der Lastzweige wurden im einzelnen keine näheren Angaben gemacht. Eine besonders günstige Lösung sieht vor, daß jeder Lastzweig einen mit den Schleifkontaktpaarungen in Reihe geschalteten elektronischen Schalter und ein Freilaufbauteil umfaßt, welches insbesondere zum

A 56 060 x
23. Februar 2001
x-239/-241

Schutz des elektronischen Schalters dient und in der Lage ist, beim Ausschalten des elektronischen Schalters den Freilaufstrom der Motorwicklung zu übernehmen.

Hinsichtlich der Ansteuerung der verschiedenen Lastzweige sind die unterschiedlichsten Lösungen denkbar. Beispielsweise wäre es denkbar, die Modulationsstufe so auszubilden, daß sie mit einem einzigen pulsweitenmodulierten Ansteuersignal sämtliche Lastzweige ansteuert, so daß die Lastzweige alle parallel mit demselben Ansteuersignal arbeiten.

Besonders vorteilhaft ist es jedoch, wenn die Modulationsstufe für jeden der Lastzweige ein eigenes pulsweitenmoduliertes Ansteuersignal erzeugt, dies eröffnet die Möglichkeit, die Lastzweige individuell anzusteuern.

Um die unterschiedliche Ansteuerung der Lastzweige jedoch möglichst einfach zu gestalten ist vorzugsweise vorgesehen, daß die mindestens zwei Ansteuersignale dieselbe Periodendauer aufweisen.

Darüber hinaus ist vorteilhafterweise vorgesehen, daß die mindestens zwei Ansteuersignale eine identische Pulsweitenmodulation aufweisen, das heißt ein identisches Verhältnis von Einschaltzeitdauer zur Ausschaltzeitdauer aufweisen. Damit sind insbesondere bei der Erzeugung der pulsweitenmodulierten Ansteuersignale schaltungstechnische Vereinfachungen möglich.

A 56 060 x
23. Februar 2001
x-239/-241

Ferner ist es günstig, insbesondere um die Lastzweige synchronisiert betreiben zu können, wenn die mindestens zwei Ansteuersignale phasenstarr zueinander sind.

Noch vorteilhafter ist es, wenn die pulsweitenmodulierten Ansteuersignale relativ zueinander phasenverschoben sind, da dann die Möglichkeit besteht, die Lastzweige so zu betreiben, daß deren Stromaufnahme zeitlich möglichst optimal verteilt wird, um die Rückwirkungen des Steuergeräts auf ein dieses versorgendes Netz, beispielsweise das Bordnetz eines Kraftfahrzeugs zu minimieren, beispielsweise dadurch, daß der eine der Lastzweige die diesem zugeordnete Motorwicklung möglichst dann bestromt, wenn der andere der Lastzweige die diesem zugeordnete Motorwicklung nicht bestromt.

Besonders günstig läßt sich dies realisieren, wenn der Einschaltzeitpunkt eines der Lastzweige und der Ausschaltzeitpunkt des anderen der Lastzweige relativ zueinander festgelegt sind und wenn der Zeitraum zwischen dem Einschaltzeitpunkt des einen der Lastzweige und dem Einschaltzeitpunkt des anderen der Lastzweige entsprechend dem Wert des einzustellenden Pulsweitenmodulationsverhältnisses variiert. Diese Lösung erlaubt es, die Lastzweige mit pulsweitenmodulierten Ansteuersignalen zu betreiben, die phasenstarr zueinander sind, wobei jedoch die Phasenlage gegebenenfalls durch das Pulsweitenmodulationsverhältnis variiert wird, um das Steuergerät so auszubilden, daß dieses über der Zeit gesehen, einen möglichst gleichmäßigen Strombedarf aufweist.

A 56 060 x
23. Februar 2001
x-239/-241

Besonders zweckmäßig ist es dabei, wenn eine Ansteuerung die Lastzweige so ansteuert, daß einer der Lastzweige dann eingeschaltet wird, wenn der andere der Lastzweige ausgeschaltet ist. Dadurch ist zumindest für einen Teil der Periodendauer oder des Taktzyklus ein Zustand erreichbar, bei welchem zumindest kurzzeitig ein Lastzweig im Freilaufzustand ist und der andere im bestromten Zustand.

Ferner ist es von Vorteil, wenn in einem ersten Betriebsbereich ein Einschalten jedes der Lastzweige nur dann erfolgt, wenn der jeweils andere Lastzweig ausgeschaltet ist.

Diese Betriebsweise erlaubt es, den Strombedarf der Lastzweige über der Zeit möglichst gleichmäßig zu gestalten und gegebenenfalls auftretende Unterbrechungen im Strombedarf in einfacher Weise und durch einfache Maßnahmen, beispielsweise durch einen einfachen Kondensator oder auch gegebenenfalls einen Freilaufzweig auszugleichen, da stets sichergestellt ist, daß einer der Lastzweige im Freilaufzustand ist, solange der andere Lastzweig im bestromten Zustand ist.

Vorteilhaft läßt sich dies insbesondere dann realisieren, wenn in dem ersten Betriebsbereich das Ausschalten jedes der Lastzweige mit einem zeitlichen Zwischenraum vor einem Einschalten des jeweils anderen der Lastzweige erfolgt.

Eine vorteilhafte Lösung sieht dabei vor, daß in dem ersten Betriebsbereich zwischen dem Ausschalten jedes der Lastzweige

A 56 060 x
23. Februar 2001
x-239/-241

und dem Einschalten des jeweils anderen Lastzweigs eine Mindestzeitdauer von beispielsweise 0,5% der Periodendauer vorgesehen ist, so daß der ausschaltende Lastzweig sicher ausgeschaltet ist, wenn der andere Lastzweig eingeschaltet wird.

Ferner lassen sich in dem ersten Betriebsbereich trotz phasenstarrem Betreiben der Lastzweige die pulsweitenmodulierten Ansteuersignale dadurch variieren, daß in dem ersten Betriebsbereich der Einschaltzeitpunkt des einen Lastzweigs und der Ausschaltzeitpunkt des anderen Lastzweigs relativ zum Ausschaltzeitpunkt des einen Lastzweigs und zum Einschaltzeitpunkt des anderen Lastzweigs variieren.

Das Betreiben der Lastzweige im ersten Betriebsbereich ist jedoch nur bis zum Erreichen eines Pulsweitenmodulationsverhältnisses von ungefähr 50% möglich.

Bei einem Pulsweitenmodulationsverhältnis von mehr als 50% lassen sich die vorstehend erläuterten Bedingungen nicht realisieren.

Aus diesem Grund ist vorzugsweise vorgesehen, daß in einem zweiten Betriebsbereich ein Einschalten eines der Lastzweige nur beim Ausschalten oder nach dem Ausschalten des anderen der Lastzweige erfolgt. Diese Vorgehensweise ermöglicht es, zumindest teilweise noch das Ausschalten des einen Lastzweigs und das Einschalten des anderen Lastzweigs ungefähr gleichzeitig oder zumindest zeitnah durchzuführen.

A 56 060 x
23. Februar 2001
x-239/-241

Besonders geeignet ist diese Lösung, wenn von dem ersten Betriebszustand in einen zweiten Betriebszustand übergegangen wird und Pulsweitenmodulationsverhältnisse von mehr als 50% im zweiten Betriebszustand zur Steuerung der Lastzweige eingesetzt werden.

Eine andere Möglichkeit sieht vor, daß in dem zweiten Betriebsbereich ein Einschalten jedes der Lastzweige nach dem Einschalten und vor dem Ausschalten des jeweils anderen der Lastzweige erfolgt.

Im Sinne der erfindungsgemäßen Lösung wird unter dem Einschalten oder einem Ausschalten eines Lastzweigs insbesondere ein Einschalten und somit ein Schließen oder Ausschalten und somit ein Öffnen des in diesem Lastzweig vorgesehenen elektronischen Schalters verstanden.

Elektronische Schalter im Sinne der vorliegenden Erfindung sind insbesondere Feldeffekttransistoren.

Hinsichtlich der Möglichkeiten, die trotz geeigneter Wahl der pulsweitenmodulierten Ansteuersignale auftretenden Schwankungen im Strombedarf des erfindungsgemäßen Steuergeräts auszugleichen, wurden bislang keine näheren Angaben gemacht. So ist es beispielsweise in einigen Fällen ausreichend, eingangsseitig des Steuergeräts eine ausreichend große Kapazität zum Ausgleich der Spannungs- und Stromschwankungen vorzusehen.

A 56 060 x
23. Februar 2001
x-239/-241

Eine derartige Kapazität ist insbesondere dann ausreichend, wenn die pulsweitenmodulierten Ansteuersignale zeitlich derart phasenverschoben sind, daß sie zumindest in einem nennenswerten Steuerbereich, insbesondere im Bereich eines Pulsweitenmodulationsverhältnisses von weniger als 50%, stets so liegen, daß der eine Lastzweig dann ausgeschaltet ist, wenn der andere Lastzweig eingeschaltet ist.

Eine besonders vorteilhafte Lösung sieht jedoch vor, daß in jedem Lastzweig der elektronische Schalter zwischen einem ersten Anschluß der jeweils eine Ansteuergruppe bildenden Schleifkontaktpaarungen und einem ersten Spannungsanschluß liegt und ein zweiter Anschluß der Schleifkontaktpaarungen der jeweiligen Ansteuergruppe mit einem zweiten Spannungsanschluß in Verbindung steht, daß ein Freilaufzweig vorgesehen ist, welcher als Reihenschaltung eine mit dem ersten Spannungsanschluß verbundene Kapazität und eine mit dem zweiten Anschluß der Schleifkontaktpaarungen verbundene Induktivität sowie eine zwischen einem Mittelabgriff zwischen der Kapazität und der Induktivität des Freilaufzweigs und dem ersten Anschluß der Schleifkontaktpaarungen liegende Freilaufdiode aufweist, über welche bei geöffnetem elektronischem Schalter ein Freilaufstrom der dem Schleifkontaktpaar zugeordneten Motorwicklung fließt.

Der Vorteil dieser Lösung ist darin zu sehen, daß beim Übergang vom bestromten Zustand in den Freilaufzustand von der

A 56 060 x
23. Februar 2001
x-239/-241

Kapazität und der Induktivität des Freilaufzweigs Schwan-
kungen des zu den Spannungsanschlüssen fließenden Ver-
sorgungsstroms reduziert werden und außerdem an dem elek-
tronischen Schalter und am Mittelabgriff des Freilaufzweigs
auftretende Spannungsspitzen ausgeglichen werden und sich
nicht oder nur unwesentlich auf den ersten Spannungsanschluß
und den zweiten Spannungsanschluß auswirken und somit der
erste Spannungsanschluß und der zweite Spannungsanschluß
gegen unerwünschte Spannungsspitzen abgeschirmt werden.

Prinzipiell wäre es denkbar, jedem Lastzweig einen eigenen
Freilaufzweig zuzuordnen. Eine besonders günstige Lösung
sieht jedoch vor, daß einem Freilaufzweig mindestens zwei
Lastzweige parallel geschaltet sind.

Es ist aber auch denkbar, mehrere Lastzweige dem einen Frei-
laufzweig parallel zu schalten.

Ein derartiges Parallelschalten mehrerer Lastzweige mit ein
und demselben Freilaufzweig ermöglicht es, die erfindungs-
gemäßen Vorteile bei möglichst geringen Bauteilgrößen und
somit einer Ersparnis hinsichtlich des Schaltungsaufwandes zu
erreichen.

Insbesondere lassen sich bei dieser Lösung die Ströme durch
den Kondensator reduzieren, so daß dessen Lebensdauer steigt
und außerdem besteht die Möglichkeit, günstigere Konden-
satoren einzusetzen.

A 56 060 x
23. Februar 2001
x-239/-241

Vorzugsweise sind dabei die mehreren Lastzweige dem Freilaufzweig in gleicher Weise parallel geschaltet, wie ein einziger Lastzweig, so daß sich in jedem Lastzweig die ähnlichen Verhältnisse ergeben.

Besonders günstig ist es, wenn die mindestens zwei Lastzweige dieselbe Schaltungskonfiguration aufweisen, das heißt insbesondere einen elektronischen Schalter und das in Reihe geschaltete Schleifkontaktpaar, sowie ein Mittelabgriff zwischen diesen.

Prinzipiell wäre es dabei nicht notwendig, die elektrischen Größen der Bauelemente der verschiedenen Lastzweige identisch auszuführen. Es wäre problemlos möglich, in den Lastzweigen mit unterschiedlich dimensionierten Bauelementen zu arbeiten, beispielsweise wäre es auch denkbar, unterschiedlich dimensionierte Motorwicklungen vorzusehen.

Besonders günstig ist es jedoch, wenn die Motorwicklungen und somit die induktiven Lasten im wesentlichen dieselbe Induktivität aufweisen.

Um die unerwünschten Spannungsspitzen am Mittelabgriff des jeweiligen Lastzweigs möglichst klein zu halten, ist vorzugsweise vorgesehen, daß ein erster Anschluß der Kapazität des Freilaufzweigs mit einem ersten Anschluß des elektronischen Schalters mittels einer Leitung verbunden ist, deren Induktivität kleiner als 50 Nano Henry ist. Mit einer derartigen

A 56 060 x
23. Februar 2001
x-239/-241

niederinduktiven Verbindung läßt sich eine möglichst rasche Stromänderung des Stroms durch den Kondensator erreichen.

Hinsichtlich der Dimensionierung des Freilaufzweigs wurden im Zusammenhang mit der bisherigen Erläuterung desselben keine näheren Angaben gemacht. So sieht ein besonders vorteilhaftes Ausführungsbeispiel vor, daß das Produkt aus dem Wert der Induktivität und dem Wert der Kapazität im Freilaufzweig größer ist als das Quadrat der Zykluszeit der pulsweitenmodulierten Ansteuersignale.

Mit dieser Dimensionierung wird erreicht, daß sich Stromänderungen und Spannungsspitzen beim Ausschalten und Einschalten der elektronischen Schalter nur in dem gewünschten geringen Maße auf den Speisespannungsanschluß und den Masseanschluß auswirken.

Um eine möglichst gute Unterdrückung von Stromänderungen und Spannungsspitzen zu erreichen, ist vorzugsweise vorgesehen, daß der Wert der Kapazität des Freilaufzweigs deutlich größer ist als das Produkt aus dem Maximalwert des Stroms durch die Motorwicklung oder die Motorwicklungen mit der Zykluszeit, dividiert durch die Spannung zwischen dem ersten Spannungsanschluß und dem zweiten Spannungsanschluß.

Bei einer Dimensionierung ist dabei zu beachten, daß als Strom durch die Motorwicklungen bei mehreren Lastzweigen stets der größere Wert von den jeweils maximal möglichen Strömen durch die Motorwicklungen zu berücksichtigen ist.

A 56 060 x
23. Februar 2001
x-239/-241

Die erfindungsgemäße Lösung arbeitet in allen Fällen, in denen einer der Spannungsanschlüsse mit dem Speisespannungsanschluß verbunden ist und der andere der Spannungsanschlüsse mit dem Masseanschluß.

Besonders günstig ist es jedoch, insbesondere für die Anwendung der erfindungsgemäßen Lösung in einem Kraftfahrzeug, wenn der erste Spannungsanschluß mit dem Speisespannungsanschluß verbunden ist und der zweite Spannungsanschluß mit dem Masseanschluß.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung sind Gegenstand der nachfolgenden Beschreibung sowie der zeichnerischen Darstellung einiger Ausführungsbeispiele.

In der Zeichnung zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Schaltungsdiagramms eines ersten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Steuergeräts;
- Fig. 2 eine schematische Darstellung der beim ersten Ausführungsbeispiel eingesetzten Ansteuer-signale;
- Fig. 3 eine schematische Darstellung eines Schaltungsdiagramms eines zweiten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Steuergeräts;

A 56 060 x
23. Februar 2001
x-239/-241

Fig. 4 eine schematische Darstellung der bei dem zweiten Ausführungsbeispiel des Steuergeräts eingesetzten Ansteuersignale in einem ersten Betriebsbereich;

Fig. 5 eine schematische Darstellung der bei dem zweiten Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Steuergeräts eingesetzten Ansteuersignale in einen zweiten Betriebsbereich;

Fig. 6 eine schematische Darstellung eines Ausschnitts aus dem Schaltungsdiagramm eines dritten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Steuergeräts, wobei der Ausschnitt ausschließlich den ersten Lastzweig im bestromten Zustand zeigt;

Fig. 7 das Schaltungsdiagramm des dritten Ausführungsbeispiels gemäß Fig. 6 im Freilaufzustand des ersten Lastzweigs;

Fig. 8 eine schematische Darstellung eines Schaltungsdiagramms eines vierten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Steuergeräts mit einem Freilaufzweig und zwei Lastzweigen, welche beide im bestromten Zustand sind;

A 56 060 x
23. Februar 2001
x-239/-241

- Fig. 9 das Schaltungsdiagramm des vierten Ausführungsbeispiels im Freilaufzustand beider Lastzweige;
- Fig. 10 das Schaltungsdiagramm des vierten Ausführungsbeispiels im Freilaufzustand des zweiten Lastzweigs und im bestromten Zustand des ersten Lastzweigs;
- Fig. 11 eine Darstellung von Meßwerten beim vierten Ausführungsbeispiel bei einem Pulsweitenmodulationsverhältnis von 30 %;
- Fig. 12 eine Darstellung von Meßwerten beim vierten Ausführungsbeispiel bei einem Pulsweitenmodulationsverhältnis von 50 % und
- Fig. 13 eine Darstellung von Meßwerten des vierten Ausführungsbeispiels bei einem Pulsweitenmodulationsverhältnis von 80 %.

Ein in Fig. 1 dargestelltes erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Steuergeräts umfaßt eine als Ganzes mit 10 bezeichnete Ansteuerschaltung für einen Gleichstrommotor MO, mit welchem zum Beispiel in einem Kraftfahrzeug ein Lüfterrad angetrieben wird.

Die Ansteuerschaltung 10 umfaßt eine Spannungsquelle V, welche zwischen einem Speisespannungsanschluß 12 und einem

A 56 060 x
23. Februar 2001
x-239/-241

Masseanschluß 14 der Ansteuerschaltung 10 liegt und eine Speisespannung U erzeugt.

Mit der Ansteuerschaltung 10 werden über einen Kommutator 16, umfassend beispielsweise vier als Kohlen ausgebildete Schleifkontakte 21, 22, 23, 24, des Gleichstrommotors M_0 , einzelne Motorwicklungen M , beispielsweise vier Motorwicklungen M_1 , M_2 , M_3 , M_4 , bestromt, wobei in der in Fig. 1 dargestellten Stellung des Kommutators 16 ein Bestromen der Motorwicklungen M_1 und M_2 über eine erste und eine zweite Schleifkontaktpaarung 18a bzw. 18b, die eine erste Ansteuergruppe bilden, und der Motorwicklungen M_3 und M_4 über eine dritte und vierte Schleifkontaktpaarung 18c bzw. 18d, die eine zweite Ansteuergruppe bilden, erfolgt.

Die Motorwicklungen M_1 bis M_4 stellen dabei primär induktive Lasten für die Ansteuerschaltung 10 dar.

Zum Ansteuern der Motorwicklungen M_1 bis M_4 umfaßt die Ansteuerschaltung 10 einen ersten Lastzweig 20, in welchem ein elektronischer Schalter S_1 und die induktive Last, das heißt in diesem Fall die beiden parallel gespeisten Motorwicklungen M_1 und M_2 , in Reihe geschaltet sind, wobei der elektronische Schalter S_1 zwischen dem Schleifkontakt 21 der Schleifkontaktpaarungen 18a und 18b und dem Speisespannungsanschluß 12 liegt und der Schleifkontakt 22 der ersten Schleifkontaktpaarung 18a sowie der Schleifkontakt 23 der zweiten Schleifkontaktpaarung 18b jeweils mit dem Masseanschluß 14 verbunden

A 56 060 x
23. Februar 2001
x-239/-241

ist, und folglich die Motorwicklungen M1 und M2 zwischen den beiden Schleifkontakten 21 und 22 bzw. 21 und 23 liegen.

Ferner ist ein zweiter Lastzweig 50 der Ansteuerschaltung 10 vorgesehen, welcher einen elektronischen Schalter S2 aufweist, der mit parallelgeschalteten Schleifkontaktpaarungen 18c und 18d in Reihe geschaltet ist, wobei der elektronische Schalter S2 zwischen dem Speisespannungsanschluß 12 und dem Schleifkontakt 24 der dritten und vierten Schleifkontaktpaarung 18c und 18d liegt, während der Schleifkontakt 22 der dritten Schleifkontaktpaarung 18c und der Schleifkontakt 23 der vierten mit dem Masseanschluß 14 verbunden sind.

Sowohl der Schalter S1 als auch der Schalter S2 des ersten Lastzweigs 20 bzw. des zweiten Lastzweigs 50 sind mit pulsweitenmodulierten Ansteuersignalen S1A bzw. S2A ansteuerbar, die durch eine Modulationsstufe MS erzeugbar sind.

Dabei weisen die pulsweitenmodulierten Ansteuersignale S1A bzw. S2A Periodendauern oder Zykluszeiten TZ auf, die, wie in Fig. 2 dargestellt, vorzugsweise identisch sind.

Darüber hinaus sind vorzugsweise, wie in Fig. 2 dargestellt, auch die Auswahlzeiträume TA und Einschaltzeiträume TE bei beiden Ansteuersignalen S1A und S2A identisch.

Da die Zykluszeit TZ ein Vielfaches der Drehzahl des Motors MO ist, beispielsweise mindestens ein 100-faches, noch besser

A 56 060 x
23. Februar 2001
x-239/-241

mindestens ein 300-faches, der Drehzahl des Motors M0 entspricht, kann die Betrachtung der Auswirkungen der pulswertenmodulierten Ansteuersignale S1A und S2A näherungsweise so erfolgen, wie wenn ständig die Motorwicklungen M1 und M2 und ständig die Motorwicklungen M3 und M4 an den Schleifkontaktpaarungen 18a und 18b bzw. 18c und 18d angeschlossen wären. Eine Weiterdrehung des Motors M0 hat zur Folge, daß die Motorwicklungen M1 bis M4 in anderer Zuordnung an den Schleifkontaktpaarungen 18a und 18b bzw. 18c und 18d angeschlossen sind, wobei alle Motorwicklungen üblicherweise in erster Näherung dieselbe Induktivität aufweisen und somit auch deren Anschluß an den Schleifkontaktpaarungen 18a und 18b sowie 18c und 18d in gleicher Weise wie der Anschluß der Motorwicklungen M1 und M2 sowie M3 und M4 betrachtet werden kann.

Bei einem zweckmäßigen Ausführungsbeispiel ist die Induktivität der Motorwicklungen M1 bis M4 so groß gewählt, daß der Strom bei der gewählten Zykluszeit TZ, beispielsweise $TZ \approx 50 \mu$, ungefähr konstant ist. Insbesondere ist TZ so klein zu wählen, daß der Strom durch die Motorwicklungen M1, M2 nicht lückt.

Zur Vermeidung von Rückwirkungen des parallelen Einschaltens der elektronischen Schalter S1 und S2 durch die Ansteuersignale S1A und S2A ist ein Kondensator K zwischen dem Speisespannungsanschluß 12 und der Masse 14 vorgesehen, welcher bei entsprechender Größe in der Lage ist, den Stromfluß von der Spannungsquelle V zu dem Speisespannungsanschluß

A 56 060 x
23. Februar 2001
x-239/-241

12 und von dem Masseanschluß 14 zumindest teilweise zu glätten.

Bei einem zweiten Ausführungsbeispiel, dargestellt in Fig. 3, ist der Motor M0 durch ein Ersatzschaltbild, umfassend beispielsweise die vier Motorwicklungen M1 bis M4 dargestellt, wobei der Kommutator 16, ebenfalls dargestellt durch ein Ersatzschaltbild, in der gleichen Stellung steht wie beim ersten Ausführungsbeispiel, so daß an die Schleifkontaktpaarung 18a die Motorwicklung M1 und die Schleifkontaktpaarung 18b die Motorwicklung M2 an die Schleifkontaktpaarung 18c die Motorwicklung M3 und an die Schleifkontaktpaarung 18d die Motorwicklung M4 angeschlossen sind und die Schleifkontaktpaarungen 18a und 18b die erste Ansteuergruppe und die Schleifkontaktpaarungen 18c und 18d die zweite Ansteuergruppe bilden.

Zusätzlich ist zum Schutz der in den jeweiligen Lastzweigen 20, 50 vorgesehenen elektronischen Schalter S1, S2 jeweils den parallelgeschalteten Schleifkontaktpaarungen 18a und 18b und den Schleifkontaktpaarungen 18c und 18d eine Freilaufdiode D parallel geschaltet, die beim Ausschalten des jeweiligen elektronischen Schalters S1, S2 den Freilaufstrom übernimmt.

Bei dem zweiten Ausführungsbeispiel arbeitet nun die Modulationsstufe so, daß das erste Ansteuersignal S1A und das zweite Ansteuersignal S2A zwar die gleiche Zykluszeit TZ aufweisen, jedoch die Ansteuersignale S1 und S2 phasenverschoben sind, beispielsweise ist die Phasenverschiebung so gewählt,

A 56 060 x
23. Februar 2001
x-239/-241

daß die Ansteuersignale S1A und S2A relativ zueinander um die Zykluszeit $TZ/2$ relativ zueinander phasenverschoben sind.

Ferner ist der Einfachheit halber nach wie vor die Einschaltzeitdauer T_E und die Ausschaltzeitdauer T_A jeweils gleich, wobei je nach gewünschter Drehzahl die Einschaltzeitdauer T_E und die Ausschaltzeitdauer T_A relativ zueinander variieren.

Mit dieser Phasenverschiebung der Ansteuersignale S1A und S2A relativ zueinander besteht die Möglichkeit, zumindest bis zu einem Pulsweitenmodulationsverhältnis von 50% den einen Lastzweig, beispielsweise den ersten Lastzweig 20 dann einzuschalten, wenn der andere Lastzweig, beispielsweise bei der Lastzweig 50 ausgeschaltet ist, so daß stets in den Zeiten, in denen der eine Lastzweig Strom aus der Spannungsquelle zieht, der andere Lastzweig ausgeschaltet ist, während der andere Lastzweig dann Strom aus der Spannungsquelle zieht, wenn der eine Lastzweig ausgeschaltet ist.

Damit besteht die Möglichkeit, den Kondensator K zwischen dem Speisespannungsanschluß 12 und dem Masseanschluß 14 geringer zu dimensionieren, da dieser lediglich geringere Stromschwankungen auszugleichen hat.

Da es in dem Bereich der Pulsweitenmodulation bis zu einem Pulsweitenmodulationsverhältnis von 50% möglich ist, den einen Lastzweig stets dann einzuschalten, wenn der andere Lastzweig ausgeschaltet ist, wird in diesem als erstem Betriebsbereich der Ansteuerschaltung bezeichneten Bereich

A 56 060 x
23. Februar 2001
x-239/-241

die Phasenverschiebung von TZ/2 zwischen dem ersten Ansteuersignal S1A und S2A beibehalten.

Übersteigt jedoch das Pulsweitenmodulationsverhältnis den Wert von 50%, so wird vorteilhafterweise die Phasenverschiebung zwischen dem ersten Ansteuersignal und dem zweiten Ansteuersignal auf einen Wert von weniger als TZ/2 festgelegt, so daß stets das eine Ansteuersignal S1A dann einschaltet und ausschaltet, wenn das andere Ansteuersignal eingeschaltet ist, so daß eine kurzzeitig erhöhte Stromaufnahme aus der Spannungsquelle V auftritt, die jedoch durch den Kondensator K einfach ausgeglichen wird.

Ein drittes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Steuergeräts umfaßt eine Ansteuerschaltung 10', die für die jeweils zu einer Ansteuergruppe entsprechend Fig. 1 zusammengefaßten Schleifkontaktpaarungen, beispielsweise die Schleifkontaktpaarungen 18a und 18b, und die diesen zugeordneten, eine induktive Last darstellenden und parallelgeschalteten Motorwicklungen, beispielsweise die in Fig. 6 dargestellten Motorwicklungen M1 und M2, den entsprechenden Lastzweig, in diesem Beispiel den ersten Lastzweig 20, aufweist, in welchem der elektronische Schalter S1 und die induktive Last, in diesem Fall die Motorwicklungen M1 und M2, in Reihe geschaltet sind, wobei der elektronische Schalter S1 zwischen dem Schleifkontakt 21 der induktiven Last, gebildet durch M1 und M2, und dem Speisespannungsanschluß 12 liegt und dabei mit einem ersten Anschluß ES1 mit dem Speisespannungsanschluß 12 verbunden ist und die Schleifkontakte 22 und 23, welche die

A 56 060 x
23. Februar 2001
x-239/-241

Verbindung zur induktiven Last M1 und M2 herstellen, mit dem Masseanschluß 14 verbunden sind.

Auch beim dritten Ausführungsbeispiel wird exemplarisch von einer relativen Stellung des Kommutators 16 zum Motor M0 ausgegangen, die derjenigen des ersten und zweiten Ausführungsbeispiels gemäß Fig. 1 und 3 entspricht.

Ferner ist der Schleifkontakt 21 der induktiven Last M1 und M2 mit einem Mittelabgriff 26 des ersten Lastzweigs 20 verbunden.

Darüber hinaus umfaßt die erfindungsgemäße Ansteuerschaltung 10' für jeden der Lastzweige, in diesem Fall für den ersten Lastzweig 20, einen Freilaufzweig 30, in welchem eine Kapazität C und eine Induktivität L in Reihe geschaltet sind, wobei ein erster Anschluß 32 der Kapazität C mit dem Speisenspannungsanschluß 12 verbunden ist und ein zweiter Anschluß 34 der Kapazität C mit einem Mittelabgriff 36 des Freilaufzweigs 30 verbunden ist, der seinerseits wiederum mit einem ersten Anschluß 38 der Induktivität L verbunden ist, die über einen zweiten Anschluß 40 mit dem Masseanschluß 14 verbunden ist.

Ferner liegt zwischen dem Mittelabgriff 36 des Freilaufzweigs 30 und dem Mittelabgriff 26 des ersten Lastzweigs 20 eine Freilaufdiode D1 des Freilaufzweigs 30 deren Durchlaßrichtung so gewählt ist, daß sie einen Strom vom Mittelabgriff 36 zum Mittelabgriff 26 fließen läßt, jedoch in umgekehrter Richtung sperrt.

A 56 060 x
23. Februar 2001
x-239/-241

Ferner ist der elektronische Schalter S2 durch die Modulationsstufe MS mittels des pulsweitenmodulierten Ansteuersignals S2A ansteuerbar, wobei das Ansteuersignal S2A vorzugsweise dieselbe Zykluszeit TZ aufweist, wie das Ansteuersignal S1A.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit der Schaltung, insbesondere auch im Hinblick auf die fließenden Ströme, sind die Schleifkontakte 22 und 23 doppelt dargestellt, obwohl der Kommutator 16 tatsächlich in gleicher Weise wie in Fig. 1 und 3 dargestellt ausgebildet ist.

Für die Dimensionierung der Kapazität C gilt beim zweiten Ausführungsbeispiel

$$C > (\text{Maximalwert IM1, IM2}) \cdot \frac{TZ}{U} \cdot 10$$

wobei für den (Maximalwert IM1, IM2) der Wert einzusetzen ist, der dem größten maximalen Strom durch die induktive Last in den Lastzweigen 20, 50 entspricht.

Sind nun bei dem vierten Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Ansteuerschaltung 10' die beiden Schalter S1 und S2 geschlossen, so fließt analog zum dritten Ausführungsbeispiel über die parallelgeschalteten Motorwicklungen M1 und M2 der Strom IM1 und über die parallelgeschalteten Motorwicklungen M3 und M4 der Strom IM2, wobei die Ströme IM1 und IM2 jeweils aus zwei Teilströmen gebildet werden, von denen einer durch den von der Spannungsquelle V gelieferten Strom IV geliefert

A 56 060 x
23. Februar 2001
x-239/-241

wird und der andere Teilstrom durch die Ströme $IC1E$ bzw. $IC2E$, die beim Entladen der Kapazität C entstehen, wobei der Teilstrom $IC1E$ zum Strom $IM1$ durch die Motorwicklungen $M1$ und $M2$ und der Teilstrom $IC2E$ zum Strom $IM2$ durch die Motorwicklungen $M3$ und $M4$ beitragen.

Ferner fließen entsprechend dem in Fig. 1 dargestellten Fall des ersten Ausführungsbeispiels auch beim in Fig. 3 dargestellten zweiten Ausführungsbeispiel die Ströme $IL1$ und $IL2$ durch die Induktivität L , wobei die Ströme $IL1$ und $IL2$ den Strömen $IC1E$ und $IC2E$ entsprechen.

Ferner teilen sich die Ströme $IM1$ und $IM2$ am Masseanschluß 14 wiederum in die Teilströme $IL1$ bzw. $IL2$ sowie weitere Teilströme, die den zur Spannungsquelle V fließenden Strom IV ergeben.

Sind, wie in Fig. 9 dargestellt, beide Schalter $S1$ und $S2$ ausgeschaltet, so ergeben sich Verhältnisse, die denen des zweiten Ausführungsbeispiels, dargestellt in Fig. 7, entsprechen. Das heißt, daß jeweils durch die Motorwicklungen $M1$ und $M2$ sowie $M3$ und $M4$ die Freilaufströme $IM1F$ und $IM2F$, die jeweils wieder die Summe aus den Strömen $IC1L$ bzw. $IC2L$ sowie $IL1$ und $IL2$ darstellen, analog dem Freilaufzustand des ersten Ausführungsbeispiels, dargestellt und beschrieben in Fig. 7.

Das vierte Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Steuergeräts mit der Ansteuerschaltung 10" kann jedoch, wie in Fig. 10 dargestellt in einem weiteren Zustand betrieben werden,

A 56 060 x
23. Februar 2001
x-239/-241

nämlich in einem Zustand, in welchem beispielsweise der elektronische Schalter S1 geschlossen und der elektronische Schalter S2 geöffnet ist.

In diesem Fall fließt im ersten Lastzweig 20 analog dem in Fig. 6 und 8 dargestellten Fall der Strom $IM1$ durch die Motorwicklungen $M1$ und $M2$, während im zweiten Lastzweig 50 aufgrund des geöffneten Schalters S2 der Freilaufzustand vorliegt, so daß in diesem der Strom $IM2F$ fließt, analog Fig. 7 und 9.

Dies führt im Freilaufzweig 30 dazu, daß entsprechend dem Zustand des ersten Lastzweiges 20 von dem ersten Anschluß 32 der Kapazität C der Strom $IC1E$ zum Speisespannungsanschluß 12 fließt, um als Teilstrom mit einem weiteren Teilstrom des Stroms IV den Strom $IM1$ zu bilden, wobei aufgrund des Stroms $IM1$ durch den ersten Lastzweig 20 auch durch die Induktivität L der Strom $IL1$ fließt.

Andererseits ist der zweite Lastzweig 50 im Freilaufzustand, was bedeutet, daß von dem zweiten Anschluß 34 des Kondensators C ein Strom $IC2L$ zum Mittelabgriff 36 fließt und außerdem vom Speisespannungsanschluß 12 ein Strom $IC2L$ zum ersten Anschluß 34 der Kapazität C fließt, wobei durch den Strom $IC2L$ ein Laden der Kapazität C erfolgt.

Ferner führt der Freilaufzustand im zweiten Lastzweig 50 dazu, daß durch die Induktivität L der Strom $IL2$ von dem Basisanschluß 14 zum Mittelabgriff 36 führt und zusammen mit

A 56 060 x
23. Februar 2001
x-239/-241

dem Strom IC2L sich zum Strom IM2F addiert, welcher durch die zweite Motorwicklung M2 fließt.

Wie ein Vergleich der Richtungen der Ströme IC1E und IC2L zeigt, fließen diese gegensinnig, so daß diese sich zumindest teilweise aufheben, so daß je nach dem, ob der Strom IC1E oder der Strom IC2L überwiegt, ein resultierender Strom entweder den Kondensator C entlädt oder auflädt, wobei dieser resultierende Strom kleiner ist als die Beträge der Ströme IC1E und IC2L.

Darüber hinaus ist bei dem Schaltzustand des vierten Ausführungsbeispiels gemäß Fig. 10 deutlich zu erkennen, daß die Ströme IL1 und IL2, wie sich auch aus den Schaltzuständen gemäß Fig. 8 und Fig. 9 ergibt, zumindest ihre Richtung behalten und nur betragsmäßig schwanken können, während sich beim Vergleich der Ströme IC1E oder IC2E und IC1L oder IC2L zeigt, daß diese abhängig davon, welche der Motorwicklungen M1 und M2 und/oder M3 und M4 im Freilaufzustand ist, ihre Richtung ändern, wobei sie in dem Fall, in dem ein Teil der Motorwicklungen, nämlich die Motorwicklungen M1 und M2, im bestromten Zustand sind und der andere Teil der Motorwicklungen, nämlich die Motorwicklungen M3 und M4, im Freilaufzustand sind, sich die Ströme IC1E und IC2L zumindest teilweise aufheben, so daß in Summe lediglich ein geringer Entlade- oder Ladestrom der Kapazität fließt.

Darüber hinaus stellt der Freilaufzweig 30 sicher, daß der von der Spannungsquelle V fließende Strom IV unabhängig von der Stellung der elektronischen Schalter S1 oder S2 im

A 56 060 x
23. Februar 2001
x-239/-241

wesentlichen nicht unterbrochen wird und somit stets weiterfließt und höchstens betragsmäßig schwankt.

Da dann, wenn gemäß Fig. 10 ein Teil der Motorwicklungen M1, M2, M3, M4, beispielsweise die Motorwicklungen M1 und M2, im bestromten Zustand sind und der andere Teil der Motorwicklungen, beispielsweise die Motorwicklungen M3 und M4, im nicht bestromten Zustand sind, die Ströme IC1E und IC2L sich zumindest teilweise aufheben, ist die Belastung des Freilaufzweigs 30 dann minimal, wenn während möglichst langer Perioden innerhalb der Zykluszeit TZ das Auftreten eines derartigen Zustandes angestrebt wird.

Vorzugsweise arbeiten die Modulationsstufen MS so, daß deren Zykluszeit TZ identisch ist.

Ferner ist vorzugsweise vorgesehen, daß die pulsweitenmodulierten Ansteuersignale S1A und S2A nicht nur dieselben Zykluszeiten TZ aufweisen, sondern auch phasenstarr zueinander sind, um den Zustand, daß ein Teil der Motorwicklungen M1, M2, M3, M4, beispielsweise die Motorwicklungen M1 und M2, im bestromten Zustand sind, während der andere Teil der Motorwicklungen M1, M2, M3, M4, beispielsweise die Motorwicklungen M3 und M4, im Freilaufzustand ist. Aus diesem Grund wird bei einem pulsweitenmodulierten Ansteuersignal S1A das pulsweitenmodulierte Ansteuersignal S2A phasenstarr gebildet und zwar so, daß dessen der Bestromungszeit TS entsprechender Einschaltzeitraum TE1 in einen der Freilaufzeit TF entsprechenden Ausschaltzeitraum TA2 des Ansteuersignals S2A fällt, während andererseits ein Einschaltzeitraum TE2 so

A 56 060 x
23. Februar 2001
x-239/-241

Der elektronische Schalter S1 ist ferner mittels des pulsweitenmodulierten Ansteuersignals S1A ansteuerbar, welches von einer Modulationsstufe MS entsprechend der geforderten Leistung des Motors M1 und mit einer feststehenden Zykluszeit TZ erzeugt wird.

Die erfindungsgemäße Ansteuerschaltung 10' gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel arbeitet dabei folgendermaßen:

Ist der elektronische Schalter S1 durch das pulsweitenmodulierte Ansteuersignal S1A geschlossen, so fließt zum Betrieb der Motorwicklungen M1 und M2 während einer Bestromungszeit TS ein gestrichelt mit Pfeilen gekennzeichneteter Strom IM1 vom Speisespannungsanschluß 12 über den ersten elektronischen Schalter S1, den Mittelabgriff 26 und die Motorwicklung M1 zum Masseanschluß 14.

Der Strom IM1 durch die Motorwicklung M1 ist dabei die Summe der sich am Speisespannungsanschluß 12 vereinigenden Teilströme IV und IC1E, wobei die Spannungsquelle V den Teilstrom IV liefert und der Teilstrom IC1E durch Entladen des Kondensators C von dessen erstem Anschluß 32 in Richtung des Speisespannungsanschlusses 12 abfließt.

Ferner fließt von dem Masseanschluß 14 ein Strom IL1 durch die Induktivität L und zwar in Richtung des Mittelabgriffs 36 und vom Mittelabgriff 36 als Strom IC1E zum zweiten Anschluß 34 des Kondensators C, so daß sich an dem Masseanschluß 14

A 56 060 x
23. Februar 2001
x-239/-241

der Strom IM_1 aufteilt, wobei der Teilstrom IV zur Spannungsquelle V fließt, während der Teilstrom IL_1 durch die Induktivität L zum Kondensator C fließt, wobei IC_{1E} und IL_1 in diesem Fall gleich groß sind.

Wird dagegen, wie in Fig. 7 dargestellt, der Schalter S_1 durch das Ansteuersignal S_{1A} geöffnet, so fließt vom Speisespannungsanschluß 12 über den elektronischen Schalter S_1 kein Strom mehr und die Motorwicklung M_1 wird für die Dauer einer Freilaufzeit TF im Freilaufzustand betrieben. Während dieser Zeit fließt vom Speisespannungsanschluß 12 ein entgegengesetzt zum Strom IC_{1E} fließender Strom IC_{1L} zum ersten Anschluß 32 des Kondensators C und lädt diesen auf, wobei der Strom IC_{1L} dem Strom IV entspricht, welcher von der Spannungsquelle V zum Speisespannungsanschluß 12 fließt. Dabei ist der Strom IV während der Bestromungsperiode TS und der Freilaufperiode näherungsweise gleich groß.

Ferner fließt vom zweiten Anschluß 34 des Kondensators C der Strom IC_{1L} zum Mittelabgriff 36.

Im Freilaufzustand fließt vom Mittelabgriff 36 ein Strom IM_{1F} über die Diode 1 zum Mittelabgriff 26 des ersten Lastzweigs 20 und von diesem über die Motorwicklung M_1 zum Masseanschluß 14.

Dieser Strom IM_{1F} wird gebildet durch zwei Teilströme, nämlich als ersten Teilstrom den Strom IC_{1L} , welcher durch Aufladen des Kondensators C entsteht und andererseits durch den

A 56 060 x
23. Februar 2001
x-239/-241

Strom $IL1$, der nach wie vor durch die Induktivität L zum Mittelabgriff 36 des Freilaufzweigs 30 fließt.

Ferner teilt sich der Strom $IM1$ am Masseanschluß 14 wiederum auf in den Strom $IL1$, der zum zweiten Anschluß 40 der Induktivität L und durch diese hindurchfließt, sowie einem Strom IV , welcher zur Spannungsquelle V zurückfließt.

In diesem Zustand ist der Strom IV gleich dem Strom $IC1L$, wobei der Strom $IC1L$ theoretisch so lange fließen würde, bis der Kondensator C aufgeladen ist.

Die vorteilhaften Wirkungen des Freilaufzweigs 30 lassen sich bei folgenden Dimensionierungen der Kapazität C und der Induktivität L erreichen.


$$(1) \quad L \cdot C \quad \gg \quad (TZ)^2$$

$$(2) \quad C > (\text{Maximalwert } IM1) \cdot \frac{TZ}{U} \cdot 10$$


Der zweite Lastzweig 50 ist zum Betreiben der Motorabwicklungen $M3$ und $M4$ identisch zum ersten Lastzweig 20 ausgebildet und dem zweiten Lastzweig 50 ist ebenfalls der Freilaufzweig 30 zugeordnet.

Bei einem vierten Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Ansteuerschaltung 10", dargestellt in den Fig. 8 bis 10, stehen der Motor $M0$ und der Kommutator 16 in derselben

A 56 060 x
23. Februar 2001
x-239/-241



Stellung relativ zueinander, wie beim ersten und zweiten Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 und 3 dargestellt und die Beschreibung geht exemplarisch von diesem Zustand aus. Ferner ist zwischen dem Speisespannungsanschluß 12 und dem Masseanschluß 14 nicht nur der erste Lastzweig 20 dargestellt, welcher in gleicher Weise wie beim dritten Ausführungsbeispiel ausgebildet ist, auf welches hiermit Bezug genommen wird, sondern es ist auch der zweite Lastzweig 50 dargestellt, welcher ähnlich dem ersten Lastzweig 20 ausgebildet und ebenfalls demselben Freilaufzweig 30' parallelgeschaltet ist. Der zweite Lastzweig 50 umfaßt daher ebenfalls den elektronischen Schalter S2, welcher mit einer induktiven Last, nämlich den Motorwicklungen M3 und M4, in Reihe geschaltet ist, wobei der elektronische Schalter S2 zwischen dem Speisespannungsanschluß 12 und einem Schleifkontakt 24 für die Motorwicklungen M3 und M4 liegt und dabei mit einem ersten Anschluß ES1 mit dem Speisespannungsanschluß 12 verbunden ist und die Schleifkontakte 22 und 23 für die Motorwicklungen M3 und M4 mit dem Masseanschluß 14 verbunden ist.



Ferner ist der zweite Lastzweig 50 mit einem Mittelabgriff 56 versehen, wobei zwischen dem Mittelabgriff 56 und dem Mittelabgriff 36 des Freilaufzweigs 30' eine Diode D2 vorgesehen ist, um welche der Freilaufzweig 30' ergänzt ist, wobei die Diode D2 mit ihrer Durchlaßrichtung so geschaltet ist, daß sie einen Strom vom Mittelabgriff 36 zum Mittelabgriff 56 zuläßt, jedoch in umgekehrter Richtung sperrt.

A 56 060 x
23. Februar 2001
x-239/-241

liegt, daß dieser in einen Ausschaltzeitraum TA_1 des ersten pulsweitenmodulierten Ansteuersignals S_{1A} fällt.

Die elektronischen Schalter S_1 und S_2 sind dabei entsprechend dem ersten Ansteuersignal S_{1A} oder dem zweiten Ansteuersignal S_{2A} in den Zeiträumen TE_1 bzw. TE_2 geschlossen und in den Zeiträumen TA_1 bzw. TA_2 geöffnet.

Entsprechend bilden sich die Ströme IM_1 und IM_2 durch die Motorwicklungen M_1 und M_2 bzw. M_3 und M_4 aus, wie in Fig. 11c bzw. d dargestellt, wobei lediglich zur deutlicheren Darstellung der Verhältnisse unterschiedliche Größen der Motorwicklungen M_1 und M_2 und M_3 und M_4 angenommen wurden, die zu unterschiedlichen Strömen IM_1 und IM_2 führen, jedoch üblicherweise die Motorwicklungen M_1 , M_2 , M_3 , M_4 identisch ausgebildet sind.

Ferner resultiert daraus, wie in Fig. 11e dargestellt, ein Strom IL_1 plus IL_2 , durch die Induktivität L , welche über der Zeit im wesentlichen konstant ist, während der Strom IC_1 plus IC_2 , wie in Fig. 11f dargestellt ist, schwankt.

Schließlich zeigt Fig. 11h, daß bei dem Übergang vom Freilaufzustand zum bestromten Zustand Spannungsspitzen der Spannung U_{36} am Mittelabgriff 36 auftreten können. Diese Spannungsspitzen haben die Ursache in einer nicht idealen Freilauf-Kapazität, die eine nicht zu vernachlässigende Längsinduktivität besitzt, die dazu führt, daß sich der Strom durch die Kapazität C nicht schlagartig ändern kann und damit

A 56 060 x
23. Februar 2001
x-239/-241

Spannungsspitzen am Mittelabgriff 36 gegenüber dem Masseanschluß 14 auftreten.

Diese Spannungsspitzen lassen sich durch eine Verbindung des ersten Anschlusses 32 der Kapazität C mit den Schaltern S1, S2 und des zweiten Anschlusses 34 mit den Dioden D1, D2 klein halten, die eine Induktivität von weniger als 50 Nano Henry aufweist.

Diese Spannungsspitzen wirken sich auch nicht auf den Speisespannungsanschluß 12 oder den Masseanschluß 14 aus, da sich diese gegenüber dem Mittelabgriff 36 durch den Kondensator C bzw. die Induktivität L abgeschirmt sind. Daher ist der Strom IV, welcher von der Spannungsquelle V zum Speisespannungsanschluß 12 und vom Masseanschluß 14 zur Spannungsquelle V fließt, im wesentlichen konstant, wie sich aus Fig. 11g ergibt.

Ferner ist in Fig. 11h beachtlich, daß die Änderung der Spannung an der Kapazität C während einer Zykluszeit TZ gering, vorzugsweise geringer als 50 mV ist, was durch eine große Kapazität C von beispielsweise

$$C > 30 \text{ (Maximalwert IM1, IM2)} \frac{TZ}{U}$$

erreichbar ist.

Wird nun die Pulsweitenmodulation verändert, das heißt wird der Ausschaltzeitraum TA1 zugunsten des Einschaltzeitraums

A 56 060 x
23. Februar 2001
x-239/-241

TE1 geändert, so erfolgt vorzugsweise lediglich eine Verschiebung einer Ausschaltflanke AF1 des ersten Ansteuersignals S1A, während eine Einschaltflanke EF1 nicht verschoben wird.

Dagegen wird beim zweiten Ansteuersignal S2A die Einschaltflanke EF2 verschoben, während die Ausschaltflanke AF2 unverändert stehen bleibt.

Schließlich sind das erste Ansteuersignal S1A und das zweite Ansteuersignal S2A derart synchronisiert, daß die Einschaltflanke EF1 und die Ausschaltflanke AF2 in konstanter Phasenbeziehung zueinander stehen, beispielsweise zeitlich in einem derartigen Abstand aufeinanderfolgen, daß die Abschaltflanke AF2 gerade dann den Wert Null erreicht hat, wenn die Einschaltflanke EF1 vom Wert Null zu höheren Werten abweicht.

Dadurch ist durch die Einschaltflanke EF1 und die Ausschaltflanke AF2 eine feste Phasenrelation vorgegeben, die stets sicherstellt, daß der jeweilige Einschaltzeitraum TE1 oder TE2 des einen Ansteuersignals S1A bzw. S2A dann auftritt, wenn beim anderen Ansteuersignal S2A bzw. S1A der Ausschaltzeitraum TA2 bzw. TA1 vorliegt.

Dies ist solange machbar, bis ein Pulsweitenmodulationsverhältnis von fast 50% erreicht ist, denn dann ist bei einer für das erste Ansteuersignal S1A und das zweite Ansteuersignal S2A vorgegebenen identischen Zykluszeit PZ die Möglichkeit erschöpft, daß der Einschaltzeitraum des einen

A 56 060 x
23. Februar 2001
x-239/-241

Ansteuersignals S1A oder S2A mit dem Ausschaltzeitraum des anderen Ansteuersignals S2A bzw. S1A zusammenfallen.

Wird dagegen ein Pulsweitenmodulationsverhältnis von näherungsweise 50% erreicht, wie beispielsweise in Fig. 12 dargestellt, so ist eine kurzzeitige Überlappung der Ansteuersignals S1A und S2A beispielsweise im Bereich der Ausschaltflanke AF1 und der Einschaltflanke EF2 nicht vermeidbar.

Damit sind für einen kurzen Zeitraum aufgrund der zeitlichen Überlappung der Einschaltflanke EF2 mit dem geschlossenen Zustand des elektronischen Schalters S1A bis zur Abschaltflanke AF1 ersten Ansteuersignals S1A ein Zustand erreicht, welcher in Fig. 8 dargestellt ist, während zwischen der Abschaltflanke AF2 und der Einschaltflanke EF1 ein Zustand vorliegt, welcher in Fig. 9 dargestellt ist, das heißt ein Zustand bei dem beide elektronischen Schalter S1, S2 geöffnet sind.

Dies wirkt sich in dieser Weise deutlich erkennbar in der Summe der Ströme IC1 plus IC2 aus, wie in Fig. 12f dargestellt.

Dagegen ist die Auswirkung auf die Motorströme IM1 und IM2 bei einem Vergleich mit den Verhältnissen bei einer Pulsweitenmodulation von 30% zumindest qualitativ ähnlich (Fig. 12c, 12d).

A 56 060 x
23. Februar 2001
x-239/-241

Weisen dagegen die Ansteuersignale S1A und S2A Pulsweitenmodulationsverhältnisse von ungefähr 80% auf, so überwiegt der Einschaltzeitraum TE1 und TE2 den entsprechenden Ausschaltzeitraum TA1 bzw. TA2 (Fig. 13a, 13b). In diesem Fall ist es nicht mehr möglich, daß die beiden Ansteuersignale S1A und S2A so zeitlich zueinander angeordnet sind, daß sich die Einschaltzeiträume TE1 und TE2 möglichst wenig überlagern, wobei die starre Phasenbeziehung zwischen der Ausschaltflanke AF2 des zweiten Ansteuersignals S2A zur Einschaltflanke EF1 des ersten Ansteuersignals aufrechterhalten bleibt.

Zwischen dem Zeitpunkt t_1 und dem Zeitpunkt t_2 liegen somit Verhältnisse beim zweiten Ausführungsbeispiel im Zustand gemäß Fig. 10 vor, das heißt ein Teil der Motorwicklungen M1, M2, M3, M4 ist im bestromten Zustand, während der andere Teil im Freilaufzustand ist (Fig. 13a, 13b).

Zwischen dem Zeitpunkt t_2 und dem Zeitpunkt t_3 liegen Verhältnisse gemäß Fig. 8 vor, das heißt alle Motorwicklungen M1, M2, M3, M4 sind im bestromten Zustand.

Zwischen den Zeitpunkten t_3 bis t_4 und t_4 bis t_5 liegen ebenfalls wieder der Fig. 10 entsprechende Verhältnisse vor, das heißt ein Teil der Motorwicklungen M1, M2, M3, M4 ist im bestromten Zustand und der andere Teil im Freilaufzustand.

Daraus folgt, daß sich bei dem vierten Ausführungsbeispiel bei einer Pulsweitenmodulation von mehr als 80% im wesentlichen Schaltungszustände gemäß Fig. 8 und gemäß Fig. 10

A 56 060 x
23. Februar 2001
x-239/-241

auftreten, während Schaltungszustände gemäß Fig. 9 des vierten Ausführungsbeispiels nicht auftreten.

Bei Pulsweitenmodulationsverhältnissen von ungefähr 80 % sind die Ströme IM1 und IM2 deutlich höher als bei den Pulsweitenmodulationsverhältnissen von kleiner 80 % (Fig. 13c und 13d). Bei Pulsweitenmodulationsverhältnissen zwischen 80 % und 100 % sind die Ströme IM1 und IM2 größer.

Darüber hinaus erreicht der Strom IL1 plus IL2 bei der Pulsweitenmodulation von 50% sein Maximum (Fig. 13e und 13f).

Bei der Summe der Ströme IC1 und ICL treten, wie in Fig. 13f dargestellt, Schwankungen auf, je nach dem, welcher Teil der Motorwicklungen M1, M2, M3, M4 gerade im bestromten Zustand oder im Freilaufzustand ist.

Außerdem ist auch in diesem Fall der Strom IV von der Spannungsquelle V zum Speisespannungsanschluß 12 und vom Masseanschluß 14 zur Spannungsquelle V im wesentlichen konstant (Fig. 13g).

A 56 060 x
23. Februar 2001
x-239/-241

P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Steuergerät für Gleichstrommotoren, die mit einem mindestens vier Schleifkontakte (21, 22, 23, 24) aufweisenden Kommutator (16) zur Speisung ihrer Motorwicklungen (M1, M2) versehen sind, umfassend eine Modulationsstufe (MS), welche mindestens ein mit einer wesentlich über der Motordrehzahl liegenden Taktfrequenz (TZ) pulsweitenmoduliertes Ansteuersignal (S1A, S2A) erzeugt, und eine durch das mindestens eine Ansteuersignal (S1A, S2A) gesteuerte Ansteuerschaltung (10), welche mindestens einen den Kommutator (16) speisenden und mit einem durch das pulsweitenmodulierte Ansteuersignal (S1A, S2A) angesteuerten elektronischen Schalter (S1, S2) versehenen Lastzweig (20, 50) aufweist,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die Schleifkontakte (18a, b) zu mindestens zwei Ansteuergruppen zusammengefaßt sind, daß innerhalb jeder Ansteuergruppe die Schleifkontakte (21, 22, 23, 24) zu parallel gespeisten Schleifkontaktpaarungen (18a, b, c, d) zusammengefaßt sind, und daß jeder Ansteuergruppe ein eigener Lastzweig (20, 50) zugeordnet ist.
2. Steuergerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Lastzweig (20, 50) einen mit den parallel gespeisten Schleifkontaktpaarungen (18a, b, c, d) in Reihe geschalteten elektronischen Schalter (S1, S2) und ein Freilaufbauteil (D, D1, D2) umfaßt.

A 56 060 x
23. Februar 2001
x-239/-241

3. Steuergerät nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Modulationsstufe (MS) für jeden der Lastzweige (20, 50) ein eigenes pulsweitenmoduliertes Ansteuersignal (S1A, S2A) erzeugt.
4. Steuergerät nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens zwei Ansteuersignale (S1A, S2A) dieselbe Periodendauer (TZ) aufweisen.
5. Steuergerät nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens zwei die Ansteuersignale (S1A, S2A) für die Lastzweige (20, 50) eine identische Pulsweitenmodulation aufweisen.
6. Steuergerät nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens zwei Ansteuersignale (S1A, S2A) phasenstarr zueinander sind.
7. Steuergerät nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens zwei Ansteuersignale (S1A, S2A) relativ zueinander phasenverschoben sind.
8. Steuergerät nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Einschaltzeitpunkt (EF1) eines der Lastzweige (20, 50) und der Ausschaltzeitpunkt (AF2) des anderen der Lastzweige (20, 50) relativ zueinander festgelegt sind und daß der Zeitraum zwischen dem

A 56 060 x
23. Februar 2001
x-239/-241

Einschaltzeitpunkt (EF1) des einen der Lastzweige (20, 50) und der Einschaltzeitpunkt (EF2) des anderen der Lastzweige (20, 50) entsprechend dem Wert des einzustellenden PWM-Verhältnisses variiert.

9. Steuergerät nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Ansteuerung (42, 62) der mindestens zwei Lastzweige (20, 50) so erfolgt, daß einer der Lastzweige (20, 50) dann eingeschaltet wird, wenn der andere der Lastzweige (20, 50) ausgeschaltet ist.
10. Steuergerät nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in einem ersten Betriebsbereich ein Einschalten jedes der Lastzweige (20, 50) nur dann erfolgt, wenn der jeweils andere der Lastzweige (20, 50) ausgeschaltet ist.
11. Steuergerät nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß in dem ersten Betriebsbereich das Ausschalten jedes der Lastzweige (20, 50) mit einem zeitlichen Zwischenraum vor einem Einschalten des jeweils anderen der Lastzweige (20, 50) erfolgt.
12. Steuergerät nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß in dem ersten Betriebsbereich zwischen dem Ausschalten jedes der Lastzweige (20, 50) und dem Einschalten des jeweils anderen der Lastzweige (20, 50) eine Mindestzeitdauer von 0,5 % der Periodendauer (TZ) vorgesehen ist.

A 56 060 x
23. Februar 2001
x-239/-241

13. Steuergerät nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß in dem ersten Betriebsbereich der Einschaltzeitpunkt (EF2) des einen Lastzweigs (20, 50) und der Ausschaltzeitpunkt (AF1) des anderen Lastzweiges (20, 50) variieren.
14. Steuergerät nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in einem zweiten Betriebsbereich ein Einschalten eines der Lastzweige (20, 50) nur beim Ausschalten oder nach dem Ausschalten des anderen der Lastzweige (20, 50) erfolgt.
15. Steuergerät nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß in dem zweiten Betriebsbereich ein Einschalten jedes der Lastzweige (20, 50) nach dem Einschalten und vor dem Ausschalten des jeweils anderen der Lastzweige (20, 50) erfolgt.
16. Steuergerät nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Ansteuerschaltung eine versorgungsseitig der Lastzweige angeordnete Kapazität (K) aufweist.
17. Steuergerät nach einem der Ansprüche 2 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß in jedem der Lastzweige (20, 50) der elektronische Schalter (S1, S2) zwischen einem ersten Anschluß (21, 24) der jeweils eine Ansteuergruppe bildenden Schleifkontaktpaarungen (18a, b, c, d) und einem ersten Spannungsanschluß (12) liegt und ein

A 56 060 x
23. Februar 2001
x-239/-241

zweiter Anschluß (22, 23) der Schleifkontaktpaarungen (18a, b, c, d) der jeweiligen Ansteuergruppe mit einem zweiten Spannungsanschluß (14) in Verbindung steht, daß ein Freilaufzweig (30, 30') vorgesehen ist, welcher als Reihenschaltung eine mit dem ersten Spannungsanschluß (12) verbundene Kapazität (C) und eine mit dem zweiten Anschluß (22, 23) der Schleifkontaktpaarungen (18a, b, c, d) verbundene Induktivität (L) sowie eine zwischen einem Mittelabgriff (36) zwischen der Kapazität (C) und der Induktivität (L) des Freilaufzweigs (30, 30') und dem ersten Anschluß (21, 24) der Schleifkontaktpaarungen (18a, b, c, d) liegende Freilaufdiode (D1, D2) aufweist, über welche beim geöffneten elektronischen Schalter (S1, S2) ein Freilaufstrom (IM1F, IM2F) der den Schleifkontaktpaarungen (18a, b, c, d) zugeordneten Motorwicklung (M1, M2, M3, M4) fließt.

18. Steuergerät nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß dem einen Freilaufzweig (30') mindestens zwei Lastzweige (20, 50) parallelgeschaltet sind.
19. Steuergerät nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß dem Freilaufzweig (30) die mindestens zwei Lastzweige (20, 50) in gleicher Weise parallelgeschaltet sind.

A 56 060 x
23. Februar 2001
x-239/-241

20. Steuergerät nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens zwei Lastzweige (20, 50) dieselbe Schaltungskonfiguration aufweisen.
21. Steuergerät nach einem der Ansprüche 17 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß ein erster Anschluß (32) der Kapazität (C) des Freilaufzweigs (30) mit einem ersten Anschluß (ES1, ES2) des elektronischen Schalters (S1, S2) mittels einer Leitung verbunden ist, deren Induktivität kleiner als 50 Nano Henry ist.
22. Steuergerät nach einem der Ansprüche 17 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß ein zweiter Anschluß (34) der Kapazität (C) des Freilaufzweigs (30) mit der jeweiligen Diode (D1, D2) mit einer Leitung verbunden ist, deren Induktivität kleiner als 50 Nano Henry ist.
23. Steuergerät nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Produkt aus dem Wert der Induktivität (L) und dem Wert der Kapazität (C) im Freilaufzweig (30, 30') größer ist als das Quadrat der Zykluszeit (TZ) der pulsweitenmodulierten Ansteuer-signale (S1A, S2A).
24. Steuergerät nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Wert der Kapazität (C) des Freilaufzweigs (30, 30') größer ist als das Produkt aus dem Maximalwert des Stroms durch die zwischen den jeweiligen Schleifkontaktpaarungen liegende induktive

A 56 060 x
23. Februar 2001
x-239/-241

Last (IM1, IM2) mit der zehnfachen Zykluszeit (TZ)
dividiert durch die Spannung (U) zwischen Speise-
spannungsanschluß (12) und Masseanschluß (14).

Fig 3

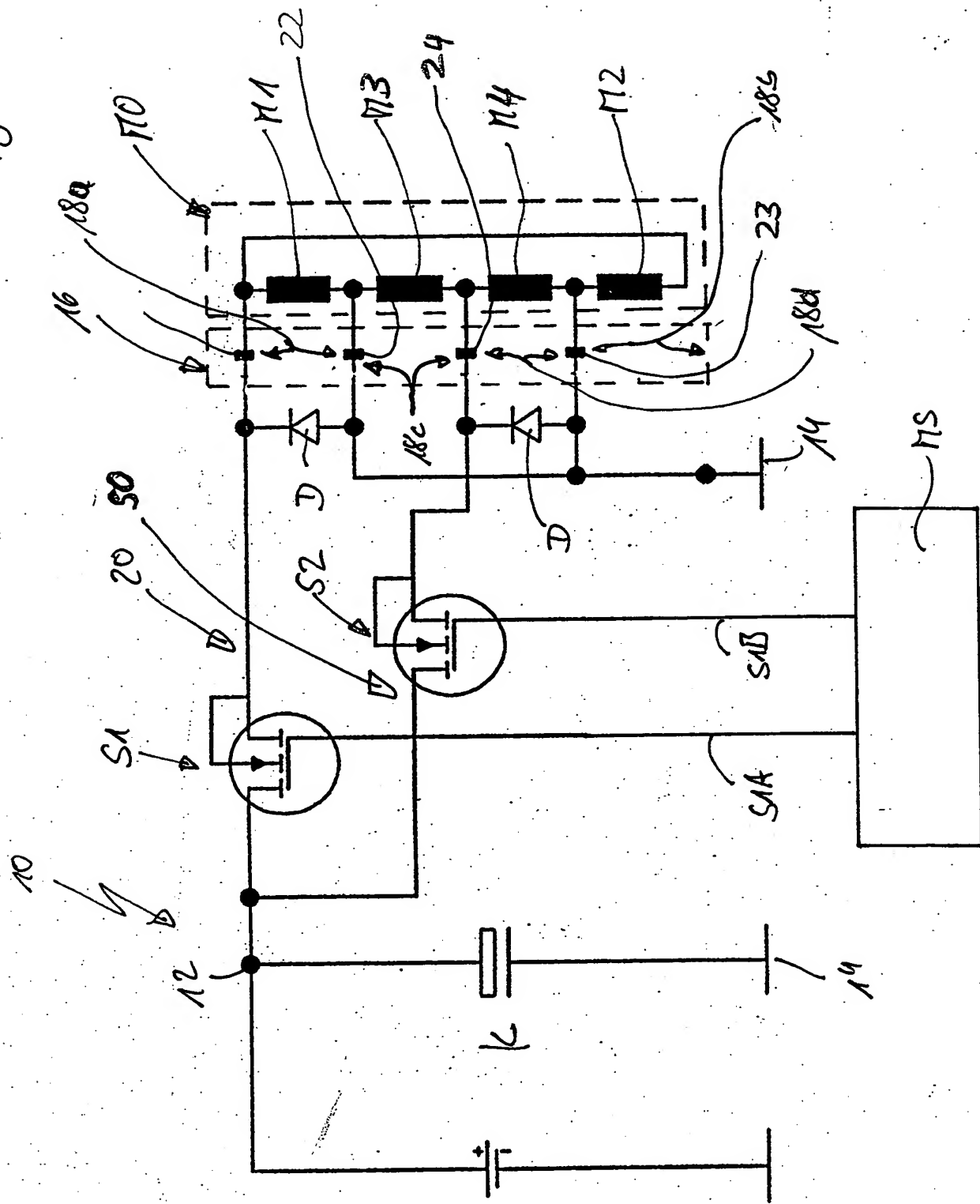


Fig 2

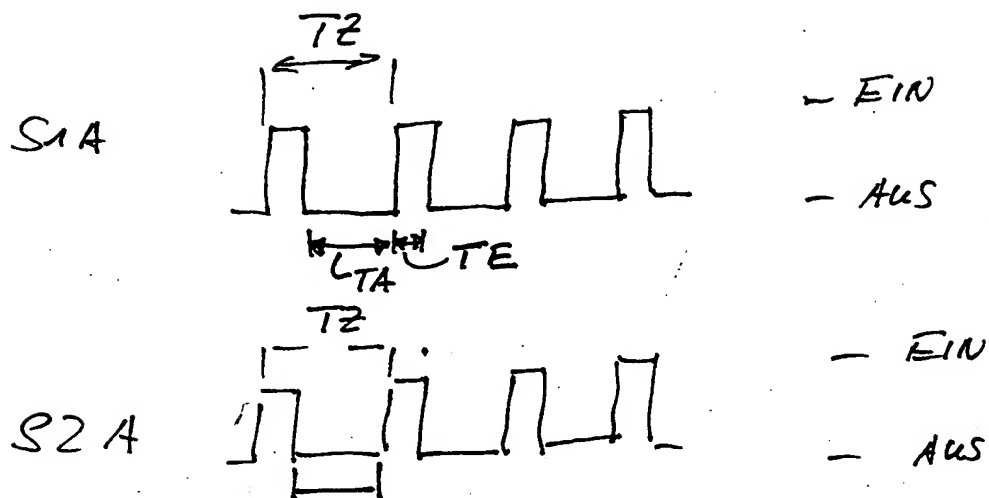
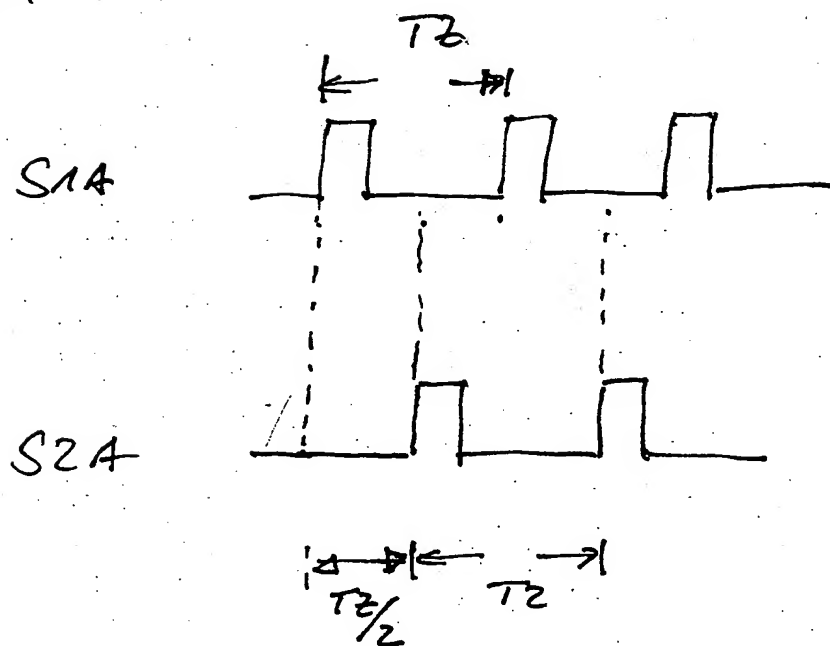


Fig 4



\overline{FS}

S1A

S2A

T_2

$T_2/2$

T_2

-EN

-AUS

-EN

-AUS

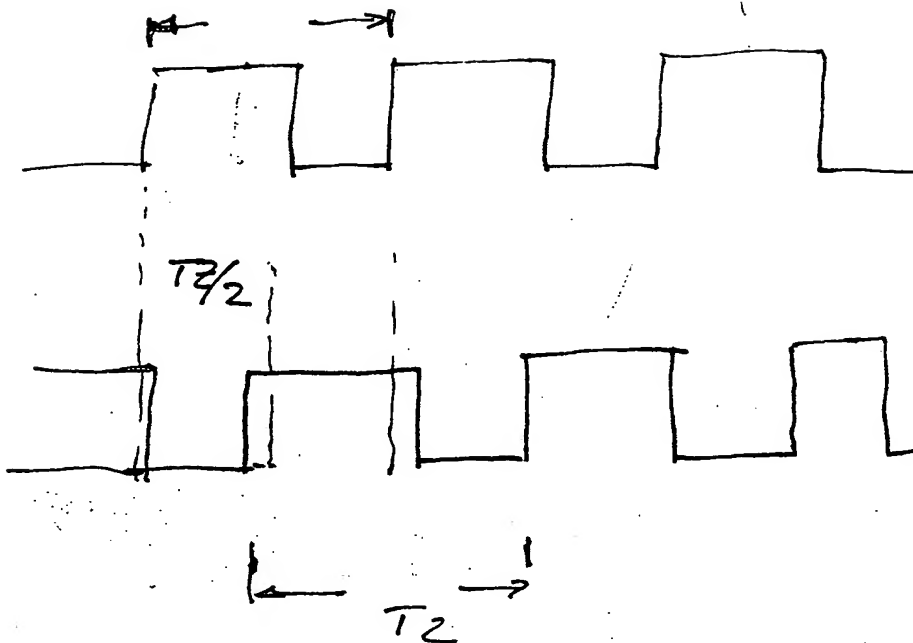


FIG. 6

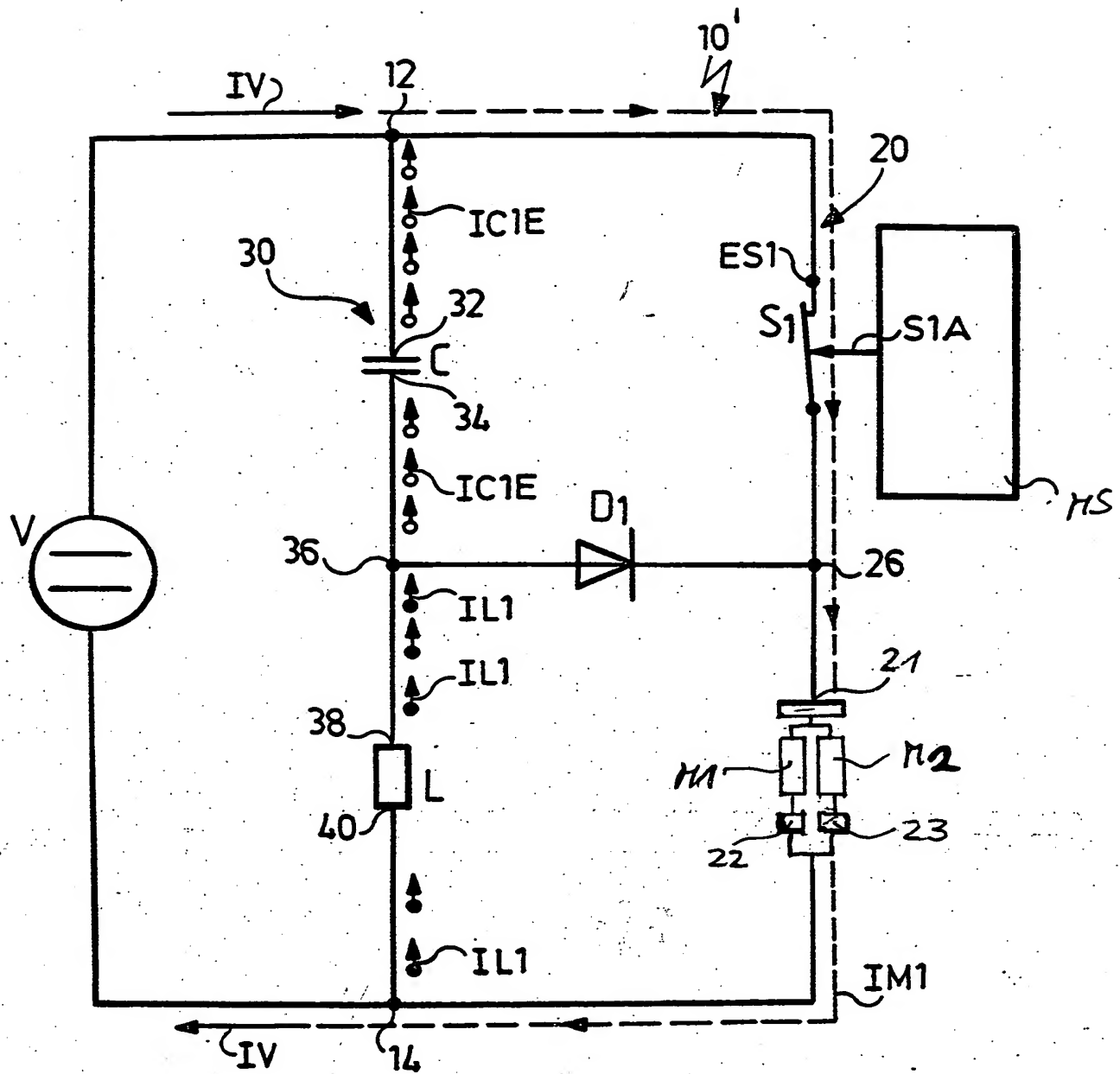
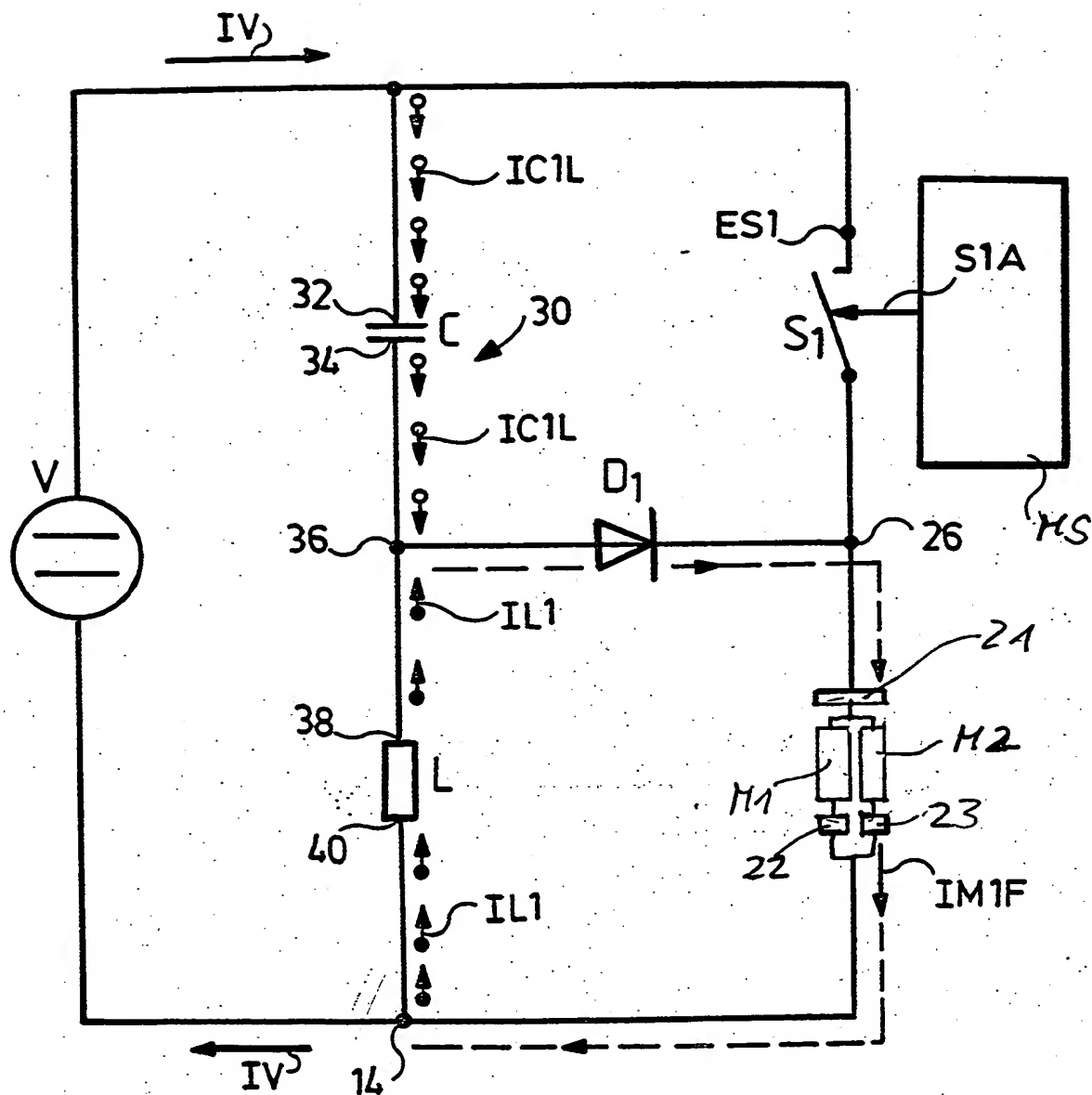


FIG. 7



The diagram shows a power electronic circuit with two thyristor branches connected to a central load. A DC voltage source V is connected to the left terminals. The top branch contains a thyristor $S1$ (labeled $ES1$) in series with an inductor L (labeled $IL1$). The bottom branch contains a thyristor $S2$ (labeled $ES2$) in series with an inductor L (labeled $IL2$). The thyristors are represented by symbols with labels $IM1$, $H2$, 21 , 22 for the top and $IM2$, $H4$, 23 , 22 for the bottom. A central load L (labeled $IL1$, $IL2$) is connected between the two branches. A capacitor C is connected across the load. The circuit is labeled with various components: 10^1 , 20 , 12 , 30 , $IC1E$, $IC2E$, 50 , $S2A$, 15 , 56 , 14 , IV , $IV2$, $D1$, $D2$, 36 , 24 , $H3$, 23 , 22 .

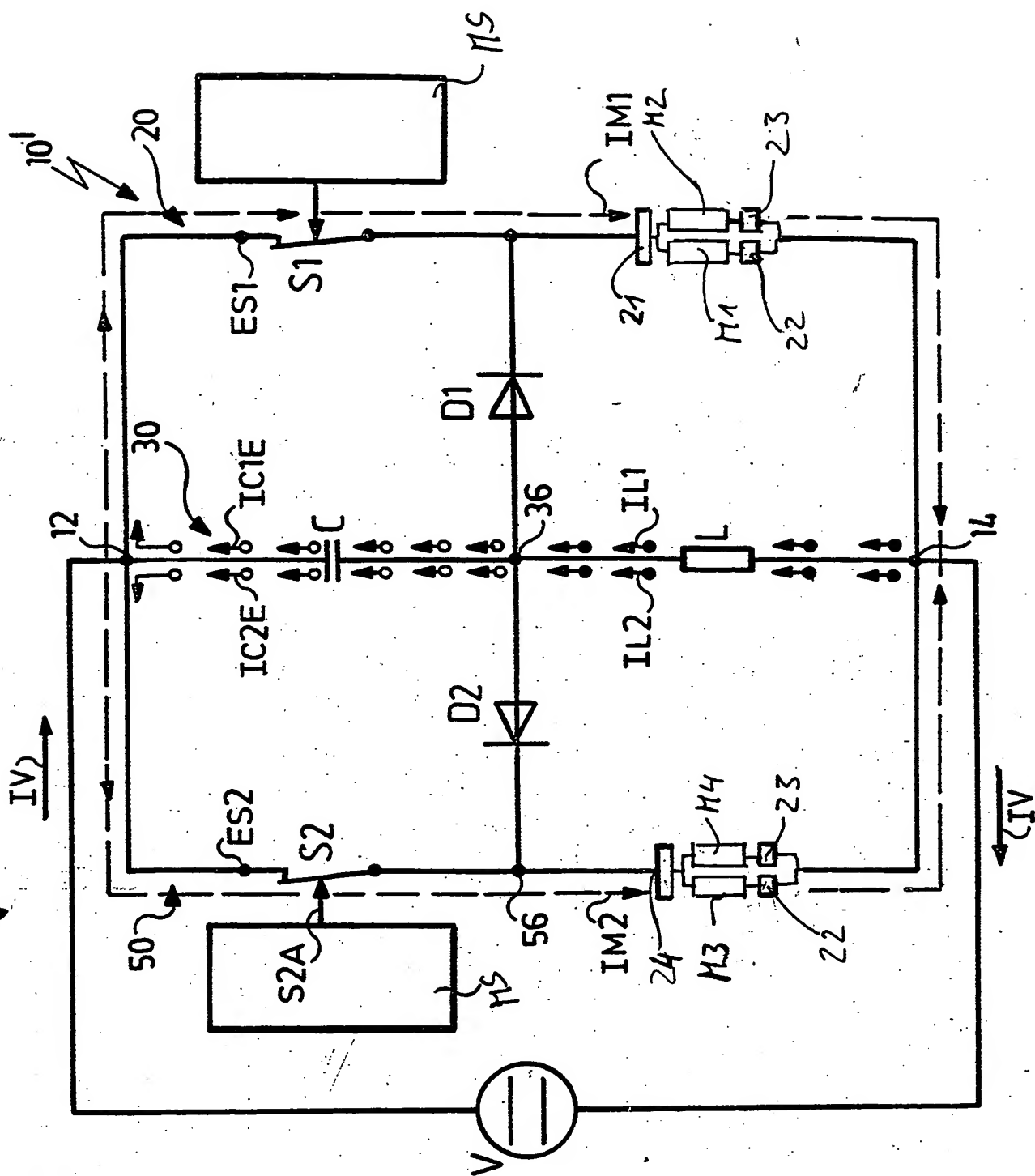
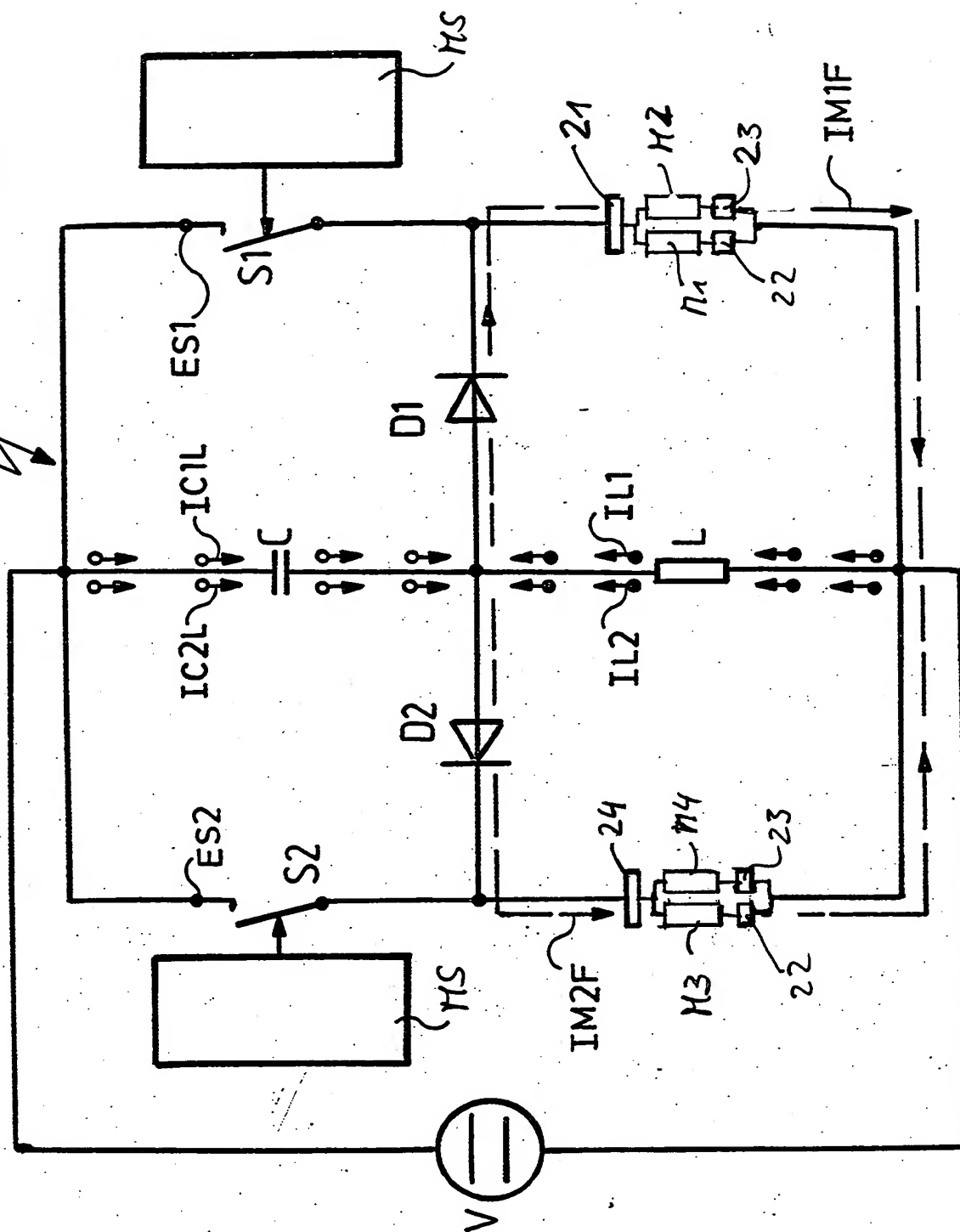


FIG. 9



10



FIG. 11

PWM = 30 %

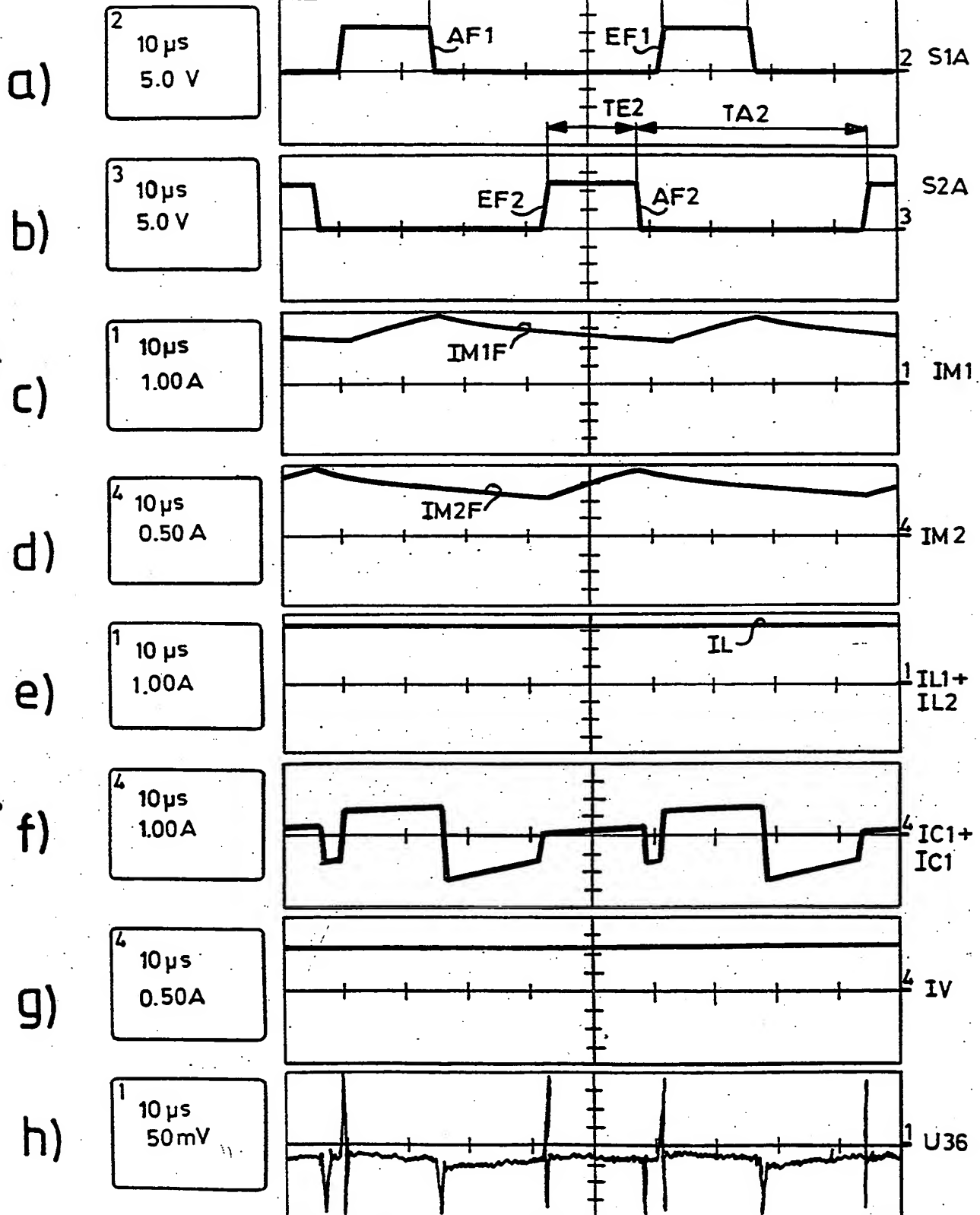
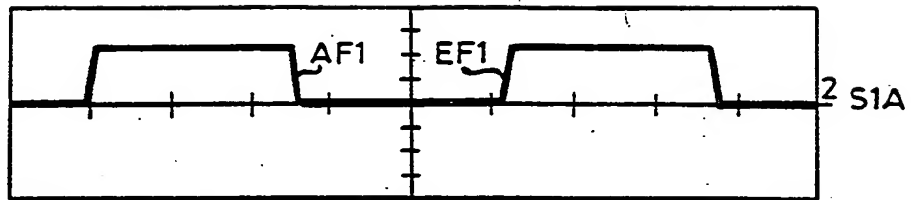


FIG. 12

PWM = 50%

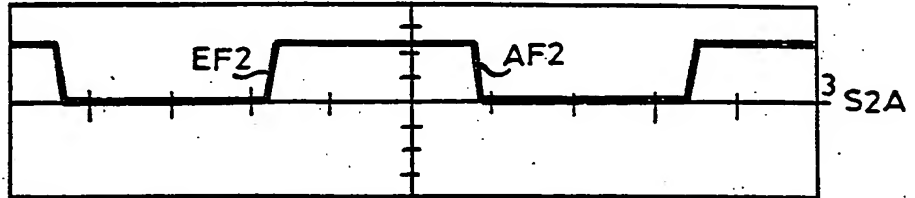
a)

² 10 μ s
5.0V



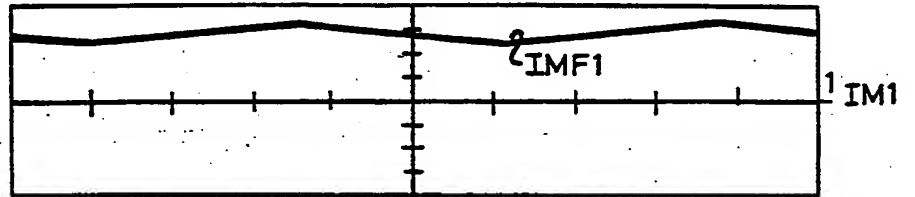
b)

³ 10 μ s
5.0V



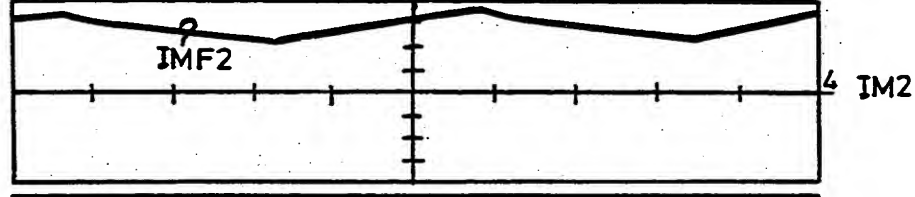
c)

¹ 10 μ s
2.00 A



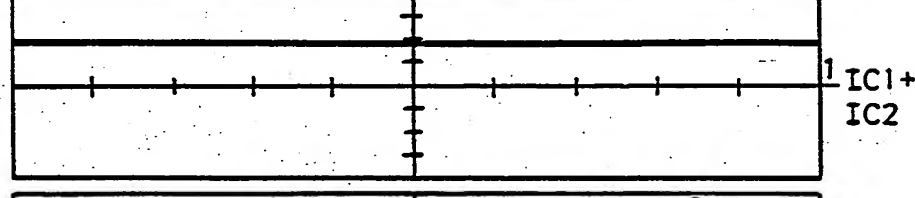
d)

⁴ 10 μ s
1.00 A



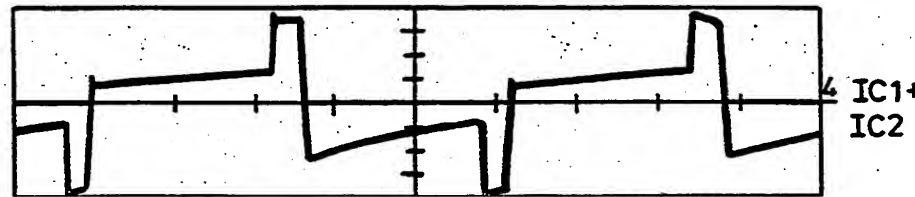
e)

¹ 10 μ s
2.00 A



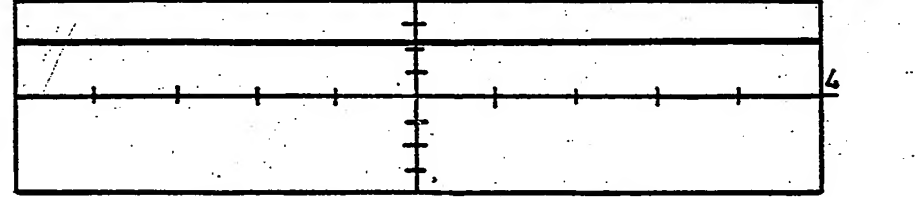
f)

⁴ 10 μ s
1.00 A



g)

⁴ 10 μ s
2.00 A



h)

¹ 10 μ s
50 mV

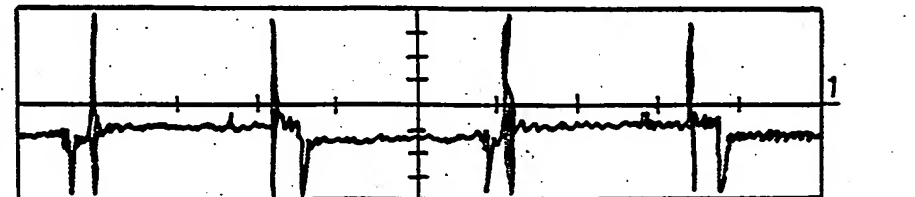
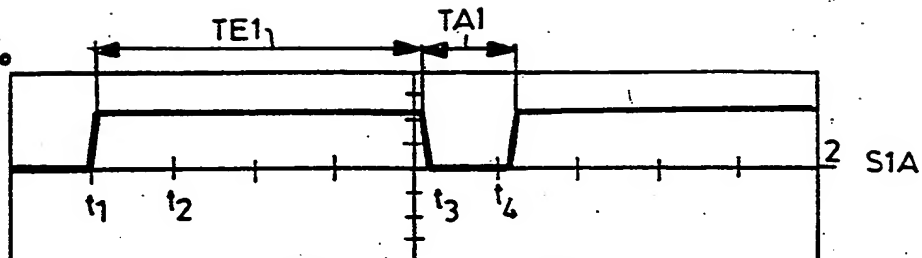


FIG. 13

PWM = 80%

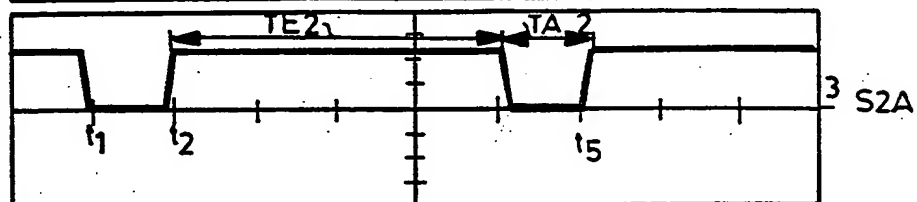
a)

² 10 μ s
5.0V



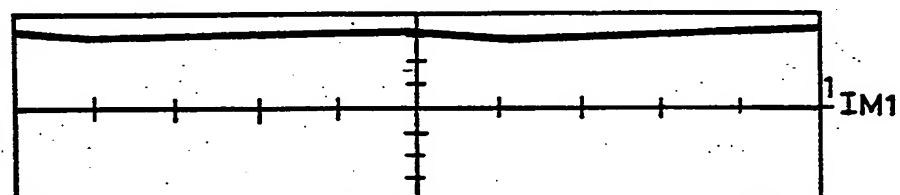
b)

³ 10 μ s
5.0V



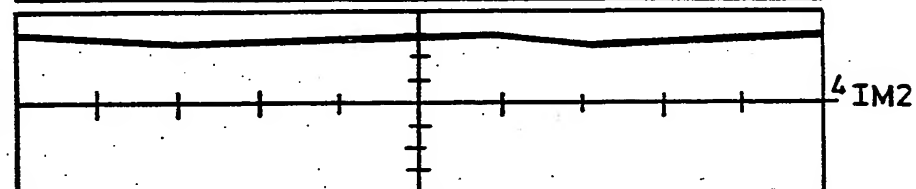
c)

¹ 10 μ s
4.00 A



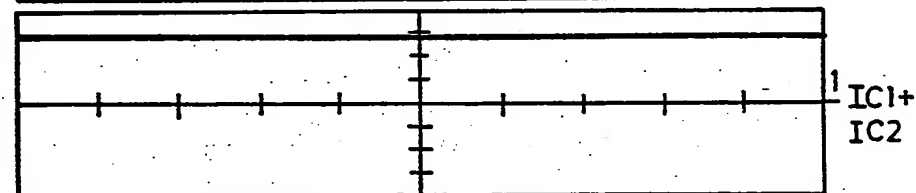
d)

⁴ 10 μ s
2.00 A



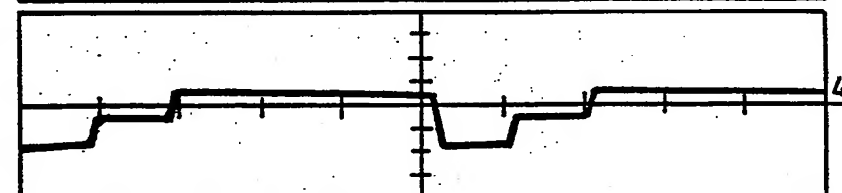
e)

¹ 10 μ s
1.00 A



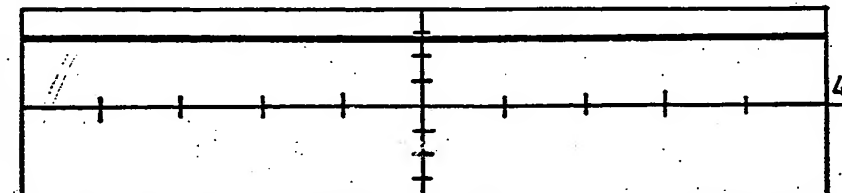
f)

⁴ 10 μ s
5.0 A



g)

⁴ 10 μ s
5.0 A



h)

¹ 10 μ s
50 mV

